I.I. PERELMAN

ASTRONOMIA AMUZANTĂ

I.I. PERELMAN

ASTRONOMIA AMUZANTĂ

PREFAȚA

Uriașele cuceriri ale științei și tehnicii moderne au stîrnit un viu interes în rîndurile marilor mase de oameni. Lansarea cu succes de către savanții sovietici a primilor sateliți artificiali ai Pămîntului, ca și a rachetei cosmice, care a devenit prima planetă artificială a sistemului nostru solar, au constituit tot atîtea elemente științifice de prim ordin, care au trezit curiozitatea și interesul oamenilor pentru problemele legate de corpurile din Univers, din spațiul infinit.

În țara noastră, dorința oamenilor de a cunoaște mai mult și mai bine s-a reflectat în participarea intensivă la conferințe, în sporirea numărului de vizitatori ai expozițiilor și instituțiilor legate de aceste probleme, dar, mai cu seamă, prin epuizarea rapidă a cărților și broșurilor de popularizare a astronomiei și astronauticii. Astfel, o nouă lucrare din acest domeniu era nu numai necesară, dar și mult așteptată. Aceasta cu atît mai mult, cu cît e vorba de traducerea lucrării cunoscutului om de știință sovietic I. I. Perelman, „Astronomia amuzantă".

Bun popularizator, autorul cărții este cunoscut publicului cititor din țara noastră prin lucrarea sa „Matematica vie".

Mulți dintre cei care se interesează de problemele științei cerului vor rămîne, poate, oarecum surprinși de caracterul lucrării „Astronomia amuzantă". Deși prezintă unele probleme în general considerate ca bine cunoscute — principalele mișcări ale Pămîntului, fazele Lunei, sau unele elemente fizice ale sistemului solar — lucrarea reușește să țină treaz interesul cititorilor tocmai prin modul cu totul deosebit în care sînt prezentate problemele. Ea nu constituie o

descriere a astrelor şi a diverselor elemente descoperite de astrofizică, ci atacă probleme curente, sau, mai bine zis, unele aspecte ale unor probleme curente, pe care, spre deosebire de cărţile de popularizare obişnuite, autorul le rezolvă *împreună cu cititorul.* În acest fel, cartea de faţă împlineşte un dublu scop : în primul rînd, acela de a învăţa pe cititor să privească lucrurile mai în adîncime, iar în al doilea rînd, să arate cititorului că astronomia modernă, care uimeşte prin rezultatele sale măreţe, se bazează pe elemente pe care le întîlnim în viaţă la tot pasul.

Prezentarea în acest fel a lucrurilor a necesitat uneori utilizarea unui aparat matematic. Aici însă se relevă încă unul dintre marile merite ale autorului : acela de a şti să găsească căile matematice cele mai simple, cele care atrag şi care suscită interesul pentru cercetarea ştiinţifică.

Este foarte adevărat faptul că cele mai multe dintre căile cercetărilor astronomiei moderne se îndreaptă spre îndepărtatele nebuloase spirale ale căror distanţe ne impresionează, sau spre însăşi structura sistemului stelar, galaxia noastră. Aceasta însă nu înseamnă că cei care se interesează de astronomie trebuie să neglijeze a b c-ul astronomic. Cîţi dintre cititori cunosc în amănunt metodele de stabilire a strălucirii astrelor (dată fizică de maximă importanţă în astrofizică), care sînt sistemele de măsură ale timpului, cum se stabileşte drumul cel mai scurt pe glob etc. ? De aceea nu ne-am mirat cînd am constatat că autorul vorbeşte pe pagini întregi despre aceste lucruri şi nu vorbeşte de nebuloasele spirale decît în cîteva rînduri. Cu acel talent care i-a adus — pe bună dreptate — atîtea elogii, autorul conduce pe cititori în problemele de bază ale astronomiei. Din păcate, autorul, murind în anul 1942, n-a ajuns să vadă epocalele realizări ale oamenilor sovietici în domeniul cosmonauticei şi să cunoască ultimele date obţinute pe baza acestora. De aceea lucrarea de faţă nu conţine asemenea date, valoarea ei rămînînd totuşi apreciabilă.

Prin apariţia în limba romînă a „Astronomiei amuzante" se completează un mare gol în literatura de popularizare a astronomiei în ţara noastră, acela al prezentării într-o formă cît se poate de atractivă a problemelor oarecum aride ale

astronomiei, a problemelor considerate la prima vedere ca banale, dar care stau la baza dezvoltării cunoştinţelor noastre despre Univers. Iată de ce recomandăm cu toată căldura lucrarea de faţă atît celor care se interesează de rezultatele astronomiei ca elemente de cultură generală, cît şi celor care-şi rezervă măcar o parte din timpul lor liber — ca amatori — ştiinţei cerului.

MATEI ALECSESCU
Director al Observatorului
Astronomic Popular din Bucureşti

CUVINT INAINTE

Astronomia este o ştiinţă binecuvîntată. Aşa cum spune savantul francez Arago, ea nu necesită înfrumuseţări. Realizările ei sînt atît de captivante, încît nu este nevoie să depui eforturi deosebite spre a atrage atenţia asupra lor. Cu toate acestea, ştiinţa despre corpurile cereşti nu constă numai din descoperiri uimitoare şi teorii îndrăzneţe. Temelia ei o constituie fapte obişnuite, care se repetă zi de zi. Oamenii care nu fac parte din categoria celor interesaţi în cercetarea bolţii cereşti, în majoritatea cazurilor cunosc foarte vag această prozaică parte a astronomiei şi nu manifestă un interes deosebit faţă de ea, deoarece este greu să-ţi concentrezi atenţia asupra a ceea ce se află permanent în faţa ochilor.

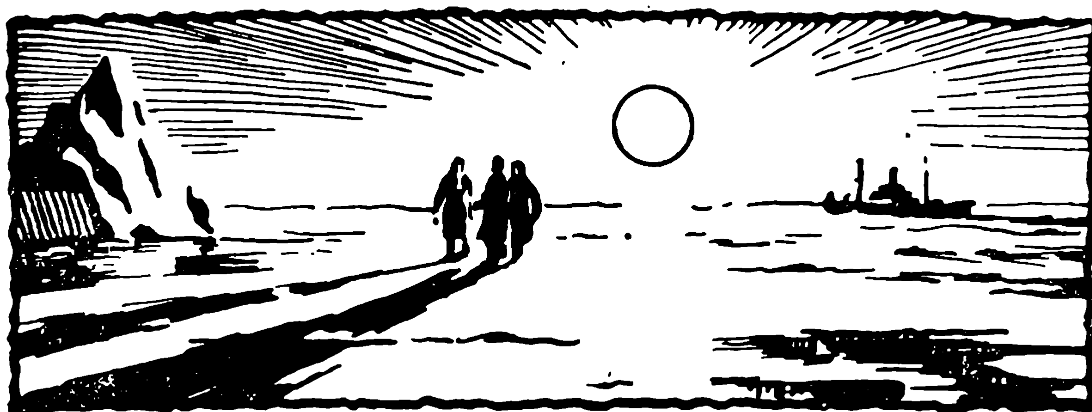
Partea obişnuită a ştiinţei despre corpurile cereşti, primele ei pagini, şi nu ultimele, constituie îndeosebi (dar nu în exclusivitate) conţinutul „Astronomiei amuzante". Cartea are ca scop, în primul rînd, să ajute pe cititor la elucidarea principalelor fenomene astronomice. Asta nu înseamnă că ea reprezintă un fel de manual pentru începători. Metoda de prelucrare a materialului o deosebeşte în mod esenţial de un manual didactic. Faptele banale, oarecum cunoscute, sînt dezvăluite aici într-o formă neobişnuită, adeseori paradoxală. Ele sînt prezentate dintr-o perspectivă nouă, neaşteptată, pentru a trezi atenţia şi pentru a mări interesul faţă de ele.

Expunerea a fost ferită, în limita posibilităţilor, de termenii de specialitate şi nu a recurs la o *aparatură tehnică*, care de multe ori devine un obstacol între cititor şi o carte de astronomie.

Cărţilor cu caracter popular li se reproşează faptul că, citindu-le, nu te alegi cu nimic serios. Pînă la un anumit

punct, reproşul este întemeiat şi este susţinut (avînd în vedere scrierile din domeniul ştiinţelor exacte) de obiceiul de a evita în cărţile cu caracter de popularizare orice calcule matematice. Şi totuşi, cititorul îşi însuşeşte cu adevărat materialul cărţii numai atunci cînd învaţă să-l opereze, cît de cît, în cifre. De aceea, în „Astronomia amuzantă", ca şi în alte cărţi ale sale, autorul nu ocoleşte cele mai simple calcule, ci se îngrijeşte numai ca ele să fie prezentate într-o formă simplă şi pe înţelesul celor ce cunosc matematica elementară. Asemenea exerciţii nu numai că fixează mai temeinic cunoştinţele acumulate, dar pregătesc pe cititori pentru lectura unor lucrări mai serioase.

Această carte cuprinde capitolele cu privire la Pămînt, Lună, planete, stele şi forţa gravitaţiei. Autorul, însă, a selecţionat cu preponderenţă materialul, luînd doar ceea ce nu a servit la elaborarea altor lucrări cu caracter popular.



CAPITOLUL I

PĂMÎNTUL — FORMA ŞI MIŞCĂRILE LUI

Drumul cel mai scurt pe Pămînt şi pe hartă

Însemnînd cu creta două puncte pe tabla din clasă, învăţătoarea dă micului şcolar următoarea problemă : „Să se tragă linia cea mai scurtă dintre cele două puncte".

Elevul, după o scurtă chibzuinţă, trage între ele o linie frîntă.

— Acesta-i drumul cel mai scurt ?! — se miră învăţătoarea. Cine te-a învăţat aşa ?

— Tatăl meu. El este şofer pe un taxi.

Desigur linia trasată de naivul şcolar este de domeniul anecdotei. Cu toate acestea aţi zîmbi, cu siguranţă, dacă vi s-ar spune că linia punctată de pe figura 1 este drumul cel mai scurt de la Capul Bunei Speranţe pînă la extremitatea sudică a Australiei. Mai surprinzătoare este următoarea afirmaţie : linia curbă (fig. 2) pornind din Japonia pînă la Canalul de Panama reprezintă un drum mai scurt decît linia dreaptă care uneşte cele două puncte pe aceeaşi hartă !

Toate acestea par a fi glume şi totuşi în faţa voastră stau adevăruri incontestabile, bine ştiute de către cartografi.

Pentru lămurirea acestei chestiuni este nevoie să spunem cîteva cuvinte despre hărţi în general şi despre hărţile maritime în special. Schiţarea pe hîrtie a părţilor din suprafaţa Pămîntului, chiar în principiu, nu este o treabă uşoară, de-

oarece Pămîntul are forma unei sfere ; or este lucru ştiut că orice parte dintr-o suprafaţă sferică nu poate fi desfăşurată pe o suprafaţă plană fără a evita cutele şi tăieturile. De nevoie trebuie să acceptăm deformările inevitabile pe hărţi. Au fost inventate multe metode de elaborare a hărţilor, dar niciuna nu este absolut perfectă ; unele dintre ele

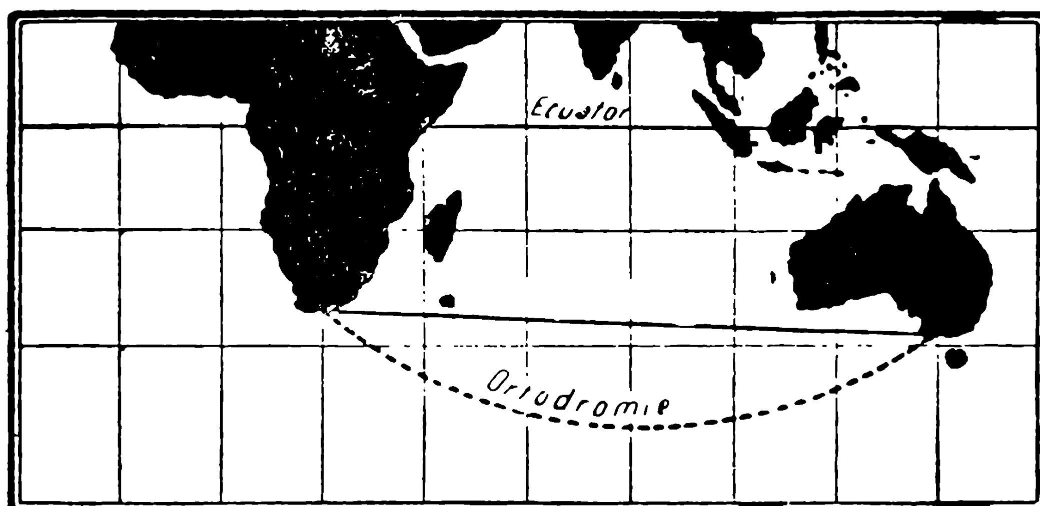


Fig. 1 Pe o hartă maritimă drumul cel mai scurt de la Capul Bunei Speranţe pînă la extremitatea sudică a Australiei nu se marchează cu o linie dreaptă („loxodromie"), ci cu o linie curbă („ortodromie").

dau deformări de un anumit gen, altele de alt gen, dar hărţi fără deformări nu există.

Marinarii folosesc hărţi întocmite după metoda străvechiului cartograf şi matematician olandez din secolul al XVI-lea Mercator. Această metodă este denumită *„proiecţia Mercator"*. Identificarea unei hărţi maritime se face cu uşurinţă după reţeaua ei dreptunghiulară : meridianele sînt trasate sub formă de linii drepte paralele între ele, iar latitudinea tot sub formă de linii drepte, perpendiculare pe primele (fig. 5).

Imaginaţi-vă, acum, că se cere să se afle drumul cel mai scurt între două porturi oceanice, care se află pe aceeaşi paralelă. Pe ocean toate căile sînt accesibile ; deci realizarea unei călătorii pe drumul cel mai scurt este oricînd posibilă, dacă ştii punctele pe unde trece. În cazul nostru este firesc să credem că drumul cel mai scurt merge de-a lungul paralelei pe care se află cele două porturi ; pe hartă

acest drum reprezintă o linie dreaptă ; or, care poate fi drumul cel mai scurt decît linia dreaptă ! Greşim însă ; drumul de-a lungul paralelei nu este cîtuşi de puţin cel mai scurt.

De fapt, pe suprafaţa unei sfere drumul cel mai scurt, care uneşte două puncte, îl constituie arcul de cerc mare [1]

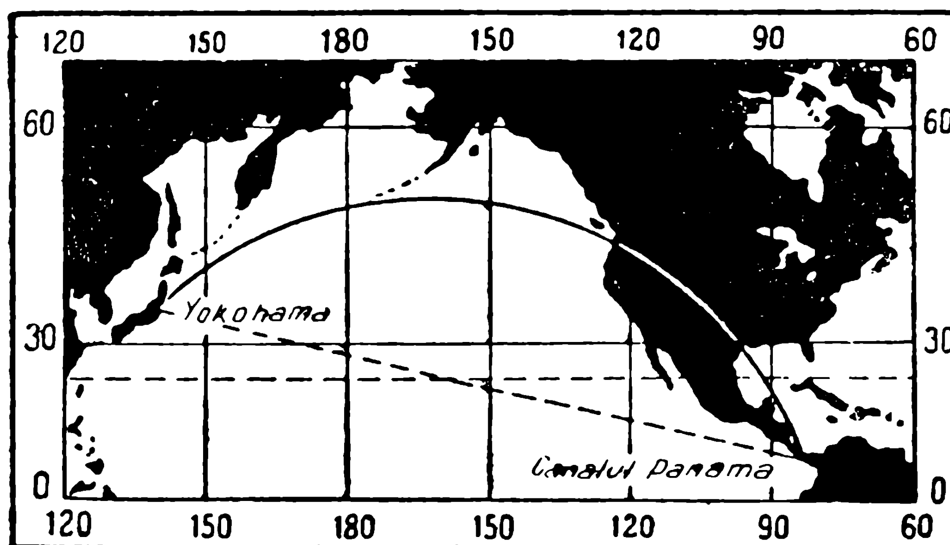


Fig. 2 Pare de necrezut că linia curbă care uneşte pe o hartă maritimă Yokohama cu Canalul Panama este mai scurtă decît linia dreaptă trasată între aceleaşi puncte.

care uneşte aceste puncte. Circumferinţa paralelei este însă o circumferinţă mică. Arcul de cerc mare care uneşte două puncte este mai puţin curb decît arcul oricărei circumferinţe mici, care ar trece prin aceleaşi puncte. Cu cît raza este mai mare, cu atît curbura este mai mică. Întindeţi un fir de aţă între cele două puncte de pe glob (fig. 3) ; vă veţi convinge că ea nu va coincide cu paralela. Aţa perfect întinsă este un indiciu indiscutabil că ea reprezintă drumul cel mai scurt, iar dacă pe glob nu corespunde cu paralela, înseamnă că nici pe harta maritimă drumul cel mai scurt nu este marcat cu o linie dreaptă ; repetăm că pe o astfel de hartă paralelele

---

[1] Cercul mare de pe suprafaţa unei sfere se numeşte fiecare circumferinţă al cărei centru coincide cu centrul acelei sfere. Toate celelalte cercuri sînt denumite circumferinţe mici (n.a.).

sînt marcate prin linii drepte şi orice linie care nu coincide cu o linie dreaptă este o linie curbă.

În concluzie, drumul cel mai scurt pe o hartă maritimă nu se marchează cu o linie dreaptă, ci cu una curbă.

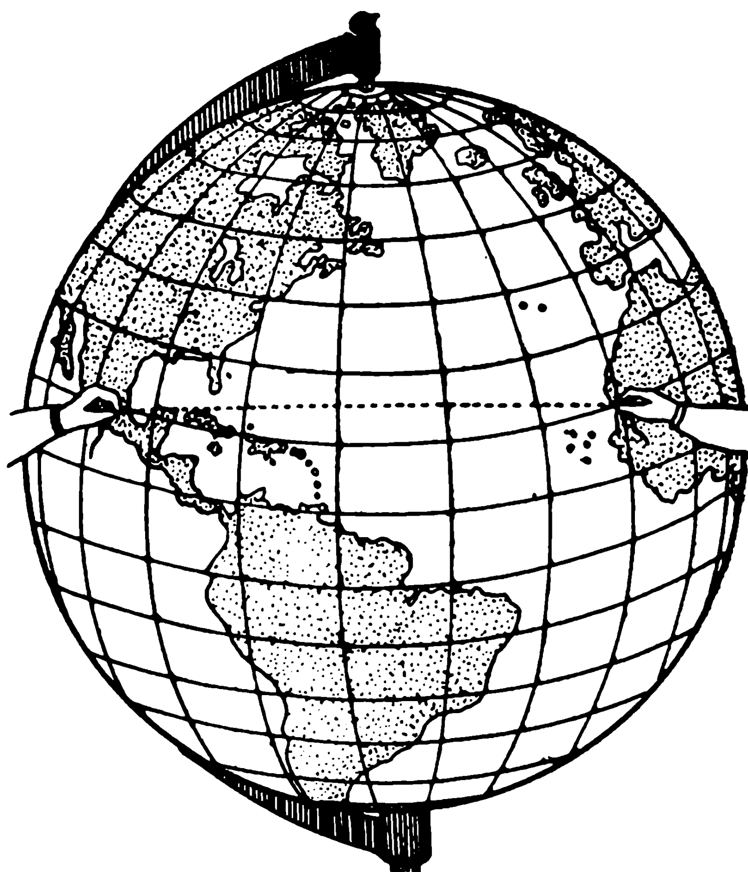


Fig. 3 Metoda cea mai simplă de a găsi cu adevărat drumul cel mai scurt între două puncte : unim cele două puncte de pe glob cu o aţă bine întinsă.

Se povesteşte că, pentru a alege direcţia liniei ferate Nikolaevskaia (astăzi Okteabrskaia), s-au dus controverse interminabile cu privire la traseul pe care urma să fie construită această linie. Disputa a luat sfîrşit la intervenţia ţarului Nicolae I, care a rezolvat problema pur şi simplu printr-o „linie dreaptă" : a unit cu ajutorul unei linii Petersburgul de Moscova. Dacă ar fi făcut această operaţie pe o hartă „Mercator", s-ar fi produs o mare surpriză : în locul unei căi ferate drepte ar fi rezultat una curbă.

Cine nu se fereşte de calcule va putea, într-un mod simplu, să se convingă că un drum, care pe hartă ni se pare

ocolit, în realitate este mai scurt decît unul pe care sîntem gata să-l considerăm drept. Să presupunem că porturile noastre se află pe latitudinea Leningradului — paralela 60 — şi le desparte o distanţă corespunzătoare unui unghi de 60°. (Nu importă dacă aceste două porturi există în realitate sau nu.)

În figura 4, punctul O reprezintă centrul globului pămîntesc, AB este linia latitudinii pe care se află porturile A şi B; latitudinea este de 60°. Centrul circumferinţei latitudinii este în punctul C. Să ne imaginăm că din centrul globului pămîntesc, O, trecem prin cele două porturi un arc de cerc mare: raza lui este OB = OA = R; el trece în apropierea arcului AB, dar nu coincide cu el.

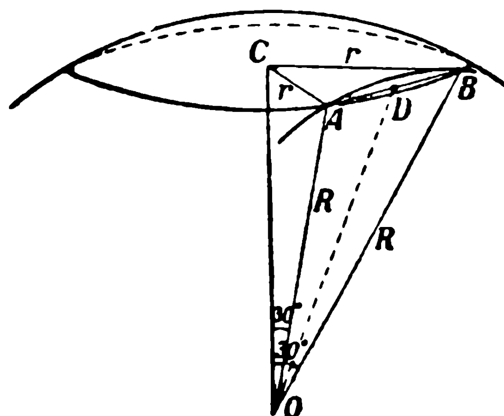


Fig. 4 Calculul distanţei dintre punctele A şi B ale unei sfere de-a lungul unei paralele şi de-a lungul circumferinţei mari.

Să calculăm lungimea fiecărui arc. Deoarece punctele A şi B sînt situate pe o latitudine de 60°, razele OA şi OB împreună cu OC (axa globului pămîntesc) formează un unghi de 30°. În triunghiul dreptunghi ACO, cateta AC (= r), opusă unui unghi de 30°, este egală cu jumătate din ipotenuza AO; deci, $r = \frac{R}{2}$. Lungimea arcului AB reprezintă a şasea parte din lungimea circumferinţei latitudinii, şi întrucît această circumferinţă este de două ori mai mică decît circumferinţa mare (corespunzător razei de două ori mai mici), lungimea arcului circumferinţei mici $AB = \frac{1}{6} \times \frac{40\,000}{2} =$ 3 333 km.

Spre a determina lungimea arcului unui cerc mare, care să unească aceleaşi puncte (adică drumul cel mai scurt între ele), trebuie să aflăm mărimea unghiului AOB. Coarda AB reprezintă una din laturile unui exagon regulat înscris în această mică circumferinţă; prin urmare, $AB = r = \frac{R}{2}$. Dacă marcăm dreapta OD, care uneşte centrul globului pă-

mîntesc O cu mijlocul coardei AB — respectiv D — obținem triunghiul dreptunghi ODA, în care unghiul D este unghi drept.

$$DA = \frac{1}{2} AB \text{ și } OA = R$$

Deci,

$$\sin AOD = AD : AO = \frac{R}{4} : R = 0{,}25$$

De aici deducem (din tabele, corespunzător valorii 0,250)

$$\widehat{AOD} = 14°28',5$$

prin urmare

$$\widehat{AOB} = 28°57'$$

Acum nu este greu să găsim distanța, în kilometri, a drumului pe care îl căutăm. Calculul poate fi simplificat, dacă ne amintim că lungimea corespunzătoare unui minut, pe un cerc mare de pe globul pămîntesc, corespunde cu o milă marină, adică cu aproximativ 1,85 km. Prin urmare, 28°57' = 1 737' ≈ 3 213 km.

Aflăm că drumul de-a lungul latitudinii trasate pe o hartă de navigație maritimă printr-o linie dreaptă reprezintă 3 333 km, pe cînd drumul de-a lungul circumferinței mari — după curba de pe hartă — este de 3 213 km, adică cu 120 km mai scurt.

Luînd un fir de ață și avînd la îndemînă un glob, veți putea controla ușor justețea schiței noastre și vă veți convinge că arcurile cercurilor mari trec în realitate prin locurile indicate în schiță. Drumul pe mare, chipurile „drept", care unește Africa de Australia (fig. 1), este de 6 020 mile, în timp ce drumul de-a lungul liniei „curbe" este de 5 450 mile, adică mai scurt cu 570 mile, sau 1 050 km. Ruta aeriană „dreaptă" marcată pe o hartă navală de la Londra la Șanhai traversează Marea Caspică, pe cînd în realitate cel mai scurt drum trece la nord de Leningrad. Se înțelege că aceste probleme au un mare rol în economisirea timpului și a combustibilului.

Dacă în epoca vaselor cu pînze timpul nu a fost întotdeauna prețuit — pe vremea aceea „timpul" nu era socotit „bani" — o dată cu apariția vapoarelor, însă, fiecare

tonă de cărbune consumată în plus trebuia plătită. Iată de ce în zilele noastre vasele sînt dirijate pe drumul cel mai scurt, folosindu-se deseori așa-zisele hărți de proiecție „centrală“ și nu de proiecție „Mercator“ ; pe aceste hărți, cercurile mari sînt marcate cu linii drepte.

Dar de ce oare vechii navigatori foloseau aceste hărți atît de înșelătoare și alegeau căi dezavantajoase? Ar fi greșit să credem că în timpurile străvechi nu se cunoștea particularitatea arătată aici a hărților maritime. Firește, chestiunea nu se explică prin asta, ci prin faptul că, pe lîngă unele neajunsuri, hărțile întocmite după sistemul „Mercator“ prezintă avantaje extrem de prețioase. O astfel de hartă reprezintă, în primul rînd, porțiuni separate și nu prea mari din suprafața globului pămîntesc, fără nici o deformație, păstrînd unghiurile conturului. Acest avantaj nu este diminuat de faptul că, pe măsură ce ne depărtăm de Ecuator, toate contururile cresc simțitor în dimensiuni. La latitudinile înalte, creșterea dimensiunii contururilor este atît de considerabilă, încît un om care nu cunoaște particularitățile unei hărți maritime își face o impresie complet greșită despre adevărata întindere a continentelor. Groenlanda pare a fi tot atît de mare ca și Africa, Alaska pare mai mare ca Australia, deși Groenlanda este de 15 ori mai mică decît Africa, iar Alaska, luată împreună cu Groenlanda, este de două ori mai mică decît Australia. Un marinar, însă, care cunoaște bine aceste particularități ale hărții, nu poate fi indus în eroare. El se împacă cu ele mai ales că, într-o porțiune limitată, harta maritimă redă imaginea exactă a naturii.

În schimb harta maritimă facilitează extrem de mult problemele practice ale navigației. Aceasta este unica hartă pe care se marchează prin linie dreaptă ruta unui vas cu unghi de drum constant. A naviga sub un „unghi de drum constant“ înseamnă a ține în permanență aceeași direcție, a te menține mereu pe același „cart“, cu alte cuvinte, a naviga în așa fel ca să traversezi toate meridianele sub același unghi. Această rută („loxodromie“) poate fi marcată printr-o linie dreaptă numai pe o astfel de hartă, unde toate meridianele sînt linii drepte, paralele între ele[1]. Deoarece, însă, pe glo-

---

[1] În realitate loxodromia este o linie în formă de spirală, care înfășoară ca un ghivent globul pămîntesc (n. a.)

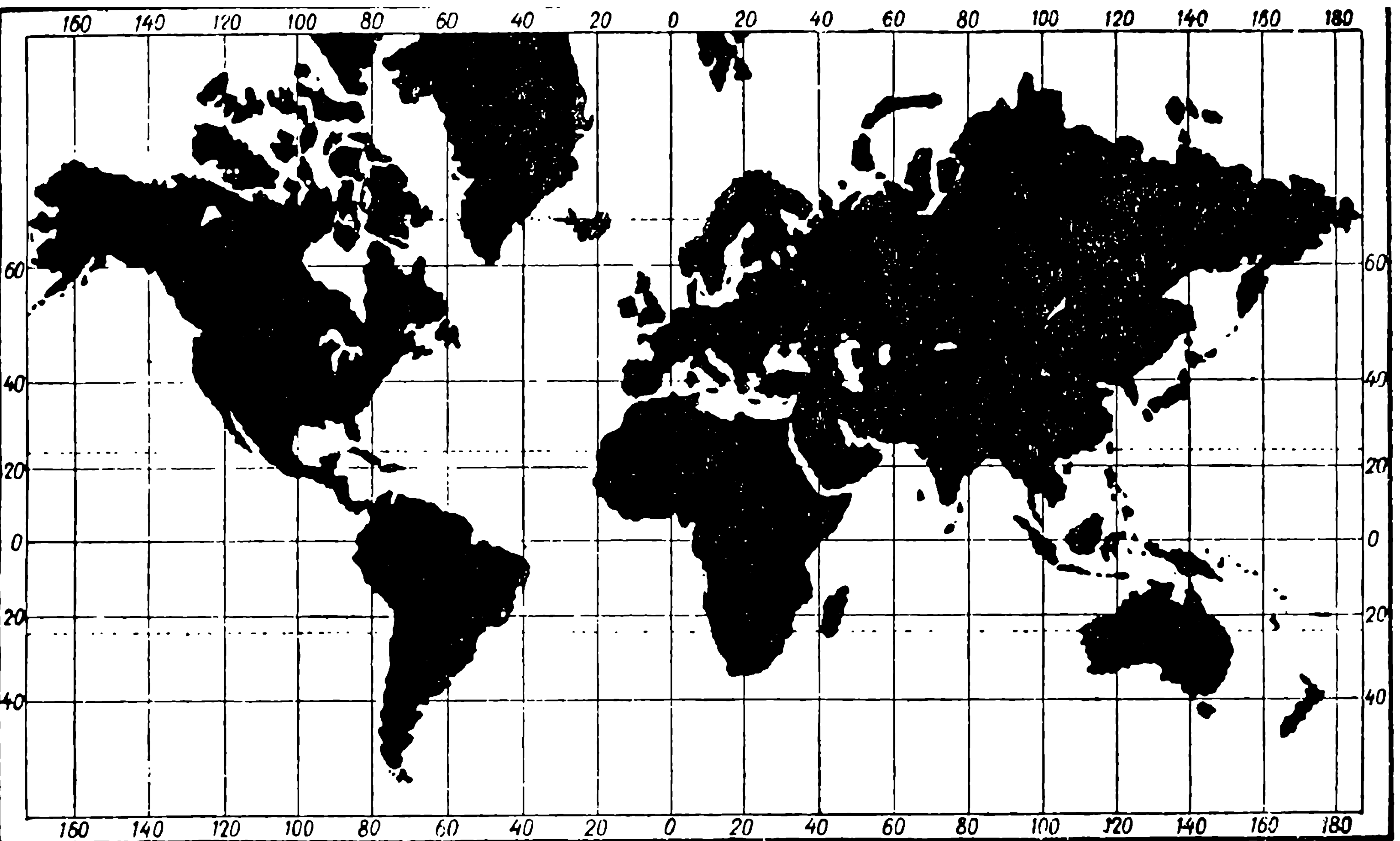


Fig. 5 Harta maritimă sau harta Mercator a globului pămîntesc. Pe o astfel de hartă dimensiunile contururilor distanțate de Ecuator sînt exagerate. De pildă, care suprafață este mai mare, a Groenlandei sau a Australiei? Răspunsul în text.)

bul pămîntesc latitudinile se întretaie cu meridianele în unghi drept, pe o astfel de hartă circumferinţele latitudinilor trebuie să reprezinte de asemenea linii drepte, perpendiculare pe liniile meridianelor. Astfel ajungem tocmai la acea reţea de coordonate, care reprezintă particularitatea caracteristică a hărţii maritime.

Este explicabilă deci, preferinţa marinarilor pentru hărţile de tip „Mercator". Navigatorul, vrînd să determine ruta pentru a merge spre portul stabilit, uneşte cu rigla cele două puncte — de plecare şi de sosire — şi măsoară unghiul pe care-l formează această riglă cu meridianele. În larg, menţinîndu-se în permanenţă pe această direcţie, navigatorul va conduce nava fără greş la ţintă. Vedeţi că loxodromia, deşi nu reprezintă calea cea mai scurtă, cea mai economică, este în schimb extrem de comodă pentru marinari. De exemplu, pentru a ajunge de la Capul Bunei Speranţe la extremitatea sudică a Australiei (fig. 1), trebuie să te menţii cu stricteţe pe direcţia S 87°,50. Dar dacă vrei să ajungi la acelaşi punct terminus pe calea cea mai scurtă (pe „ortodromie") este nevoie, aşa cum se vede în desenul nostru, să schimbi în permanenţă direcţia navei ; să porneşti de la S 42°,50 şi să ajungi la N 53°,50 (în acest caz, drumul cel mai scurt nu este nici măcar realizabil, deoarece se blochează în ţărmul de gheaţă al Antarcticei).

Ambele căi — pe „loxodromie" şi pe „ortodromie" — coincid numai în cazul în care drumul de-a lungul cercului mare este marcat pe hartă cu o linie dreaptă (deplasarea se face de-a lungul Ecuatorului sau meridianului). În toate celelalte cazuri, aceste căi sînt diferite.

Gradul de longitudine şi gradul de latitudine

Problemă

Cu siguranţă că cititorii au o noţiune destul de clară despre ceea ce reprezintă longitudinea şi latitudinea geografică. Sînt, totuşi, convins că nu toţi vor răspunde exact la următoarea întrebare :

Gradul de longitudine este întotdeauna mai lung decît gradul de latitudine ?

Răspuns

Majoritatea cititorilor sînt convinşi că lungimea oricărei paralele este mai mică decît a unui meridian. Şi deoarece gradul de longitudine se calculează după paralele, iar gradul de latitudine după meridiane, ei ajung la concluzia că primele în nici un caz nu pot depăşi în lungime pe ultimele. Aceştia uită, însă, că Pămîntul nu este o sferă perfect rotundă, ci are o formă elipsoidală, uşor dilatată la Ecuator. Pe forma elipsoidală a Pămîntului atît lungimea Ecuatorului cît şi aceea a paralelelor care trec prin apropierea lui depăşesc circumferinţa unui meridian. Calculele ne arată că pînă spre 5° latitudine, lungimea gradelor paralelelor (adică a longitudinii) este mai mare decît aceea a gradelor unui meridian (adică a latitudinii).

Incotro a zburat Amundsen?

Problemă

În care parte a orizontului s-a îndreptat Amundsen plecînd de la Polul Nord, şi în care parte s-a îndreptat plecînd de la Polul Sud?

Răspundeţi, fără a consulta jurnalul marelui explorator.

Răspuns

Polul Nord este punctul cel mai nordic al globului pămîntesc. În oricare direcţie am porni din acest punct, nu putem să ne îndreptăm decît spre sud. Întorcîndu-se de la Polul Nord, Amundsen putea să se îndrepte numai spre sud; din acel punct o altă direcţie nu poate să existe. Iată un extras din jurnalul său din timpul zborului spre Polul Nord, pe bordul „Norvegiei“:

«„Norvegia“ a descris un cerc în jurul Polului Nord. Apoi am continuat drumul... Am luat direcţia — sud, pentru prima oară din clipa cînd dirijabilul a părăsit Roma».

La fel, este limpede că, pornind de la Polul Sud, Amundsen putea să se îndrepte numai spre nord.

Kozma Prutkov ne vorbeşte, într-o povestire hazlie, despre un turc care s-a trezit la un moment dat într-o ţară „absolut răsăriteană". „În faţă răsărit, în părţi răsărit. Dar apusul ? Vă închipuiţi oare că acesta se zăreşte, totuşi, într-un punct oarecare, abia vizibil ?... De loc ! În spate e tot răsăritul. Pe scurt : peste tot şi în toate părţile răsărit nesfîrşit."

Ţară înconjurată din toate părţile de răsărit nu există pe globul pămîntesc. Există însă pe Pămînt un loc înconjurat din toate părţile de Sud, după cum există şi un punct înconjurat de un Nord „nesfîrşit". La Polul Nord s-ar putea construi o casă ai cărei pereţi să fie întorşi toţi cu faţa spre sud. Acest lucru l-ar putea înfăptui într-adevăr glorioşii exploratori sovietici care cercetează regiunile Polului Nord.

Cinci feluri de socotire a timpului

Într-atît ne-am obişnuit cu ceasul din perete sau cu ceasul de mînă, încît nici nu ne dăm seama de însemnătatea indicaţiilor lor. Sînt convins că printre cititori sînt puţini cei care ar putea să explice ce înţeleg atunci cînd spun :

— Acum este ora şapte seara.

Este posibil, oare, ca explicaţia să constea numai în faptul că acul mic al ceasului indică cifra şapte ? Ce semnifică această cifră ? Ea arată că după-amiază s-a scurs o fracţiune de $\frac{7}{24}$ dintr-o zi şi o noapte. Dar ce *fel* de amiază şi în primul rînd $\frac{7}{24}$ din *care* zi şi *care* noapte ? Ce este aceea zi şi noapte ?

Ziua şi noaptea luate împreună reprezintă intervalul de timp în decursul căruia globul pămîntesc se roteşte în raport cu Soarele, o singură dată în jurul axei sale. Practic acest interval de timp se măsoară astfel : se observă de două ori consecutiv trecerea Soarelui (mai exact a centrului său) pe cer, prin dreptul liniei care uneşte punctul ce se află deasupra observatorului („zenit") cu punctul sud de pe orizont.

Acest interval nu este întotdeauna egal : Soarele trece peste linia indicată uneori mai devreme, uneori mai tîrziu.

A regla ora după această „amiază reală" este un lucru imposibil. Cel mai iscusit meşter nu este în stare să regleze un ceasornic, astfel încît acesta să meargă strict după Soare; pentru acest scop, Soarele este prea nepunctual. „Timpul după Soare este înşelător" — scriau ceasornicarii parizieni, pe emblema lor, acum o sută de ani.

Ora noastră nu se reglementează după adevăratul Soare, ci după un Soare imaginar, care nu luminează, nu încăl-

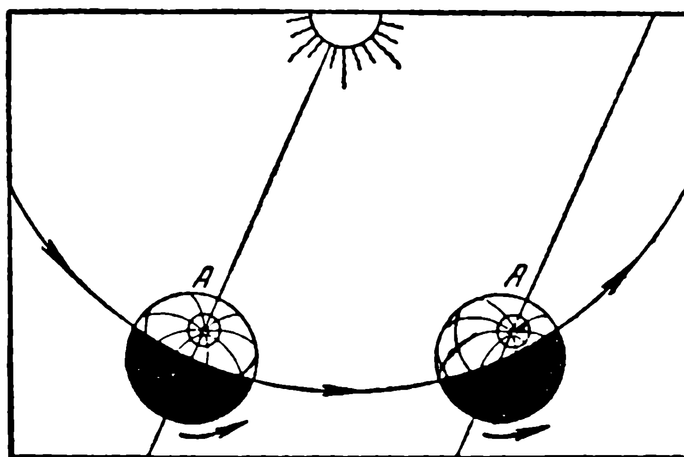


Fig. 6 De ce 24 ore solare sînt mai lungi decît 24 ore siderale? (Amănunte în text)

zeşte, ci este doar inventat pentru stabilirea unui timp uniform. Imaginaţi-vă că există în natură un glob luminos, care se mişcă uniform în tot timpul anului, înconjurînd Pămîntul în acelaşi interval de timp în care face înconjurul Pămîntului — fireşte în mod aparent — Soarele nostru real. Acest glob, creat de imaginaţie, este denumit în astronomie „Soare mijlociu". Momentul trecerii lui prin linia zenit-sud se numeşte „Amiază mijlocie"; intervalul dintre două amiezi mijlocii îl constituie „24 ore solare mijlocii", iar timpul calculat în acest fel se cheamă „timp solar mijlociu". Ceasul de mînă sau cel de perete merg numai după acest timp solar mijlociu, pe cînd un ceas care merge după Soare şi al cărui ac indicator îl reprezintă umbra unei bare pe pămînt arată ora solară adevărată pentru locul respectiv [1].

Avînd în vedere cele de mai sus, este probabil că cititorul îşi închipuie că globul pămîntesc se roteşte în jurul axei

[1] Un asemenea „ceas" se numeşte cadran solar (n. red. rom.)

sale în mod inegal și de aici decurge neconcordanța între cele 24 ore reale și cele mijlocii. Acest lucru nu este just: inegalitatea intervalului de 24 ore este condiționată de inegalitatea altei mișcări a Pămîntului, și anume — mișcarea lui pe orbită în jurul Soarelui. Vom înțelege îndată cum se poate răsfrînge aceasta asupra duratei celor 24 ore.

În figura 6 vedeți două poziții succesive ale globului pămîntesc. Săgețile de jos indică în ce sens se rotește Pămîntul în jurul axei sale. Să analizăm poziția din stînga. În punctul A este acum amiaza; acest punct se află exact în fața Soarelui. Imaginați-vă acum că Pămîntul s-a rotit exact o singură dată în jurul axei sale; în acest timp el s-a mișcat și pe orbită, ocupînd un alt loc, mai spre dreapta. Raza Pămîntului ridicată din punctul A păstrează, ca și în ziua precedentă, aceeași direcție, dar punctul A, de data aceasta, nu se mai află drept în fața Soarelui. Pentru cineva care se găsește în punctul A, ora amiezii nu a sosit încă. Soarele este în stînga liniei trase din punctul A. Pămîntul trebuie să se mai rotească cîteva minute, pentru ca în acest punct să fie o nouă amiază.

Ce deducem de aici? Că intervalul dintre două amiezi solare reale este *mai lung* decît timpul unei rotații complete a Pămîntului în jurul axei sale[1]. Dacă Pămîntul s-ar roti uniform în jurul Soarelui, pe un *cerc* în centrul căruia s-ar afla Soarele, diferența dintre durata reală de rotație în jurul axei și cea aparentă, pe care o determinăm după Soare, ar fi de la o zi la alta aceeași. Ea poate fi ușor stabilită, dacă ținem seama de faptul că din aceste plusuri mici trebuie să se adune, în timp de un an, 24 de ore, (Pămîntul, rotindu-se pe orbită, se învîrtește o singură dată mai mult în jurul axei sale în timp de un an); prin urmare durata reală a fiecărei rotații în jurul axei este egală cu:

$$365\frac{1}{4} \text{ zile} : 366\ \frac{1}{4} = 23 \text{ ore } 56 \text{ minute } 4 \text{ sec.}$$

Vom remarca cu această ocazie că durata „reală“ a celor 24 ore nu este altceva decît perioada de rotație a Pămîntului în raport cu oricare stea; din acest motiv, aceste 24 ore se numesc „siderale“.

[1] Care se ia în raport cu stelele (n. red. rom.).

Astfel 24 ore siderale, *în medie*, sînt mai scurte cu 4 minute decît cele 24 ore solare sau, mai exact, cu 3 minute şi 56 secunde. Diferenţa nu rămîne aceeaşi, pentru că : 1) Pămîntul nu face înconjurul Soarelui pe o orbită perfect circulară, ci pe o elipsă, mişcîndu-se în unele puncte ale ei (mai apropiate de Soare) ceva mai repede, iar în altele (mai distanţate de Soare) — mai încet, şi 2) axa de rotaţie a Pămîntului este înclinată faţă de planul orbitei sale. Ambele cauze condiţionează faptul că durata reală şi mijlocie a diferitelor zile diferă cu un număr variabil de minute, care atinge în unele zile cifra 16. Numai de patru ori pe an ambele durate coincid :

15 aprilie
14 iunie
1 septembrie
24 decembrie

Şi, dimpotrivă, în zilele de :

11 februarie
2 noiembrie

diferenţa între durata reală şi medie a zilei atinge cifra maximă — circa un sfert de oră. Curba din figura 7 ne arată cît de mare este această diferenţă în diferite zile ale anului.

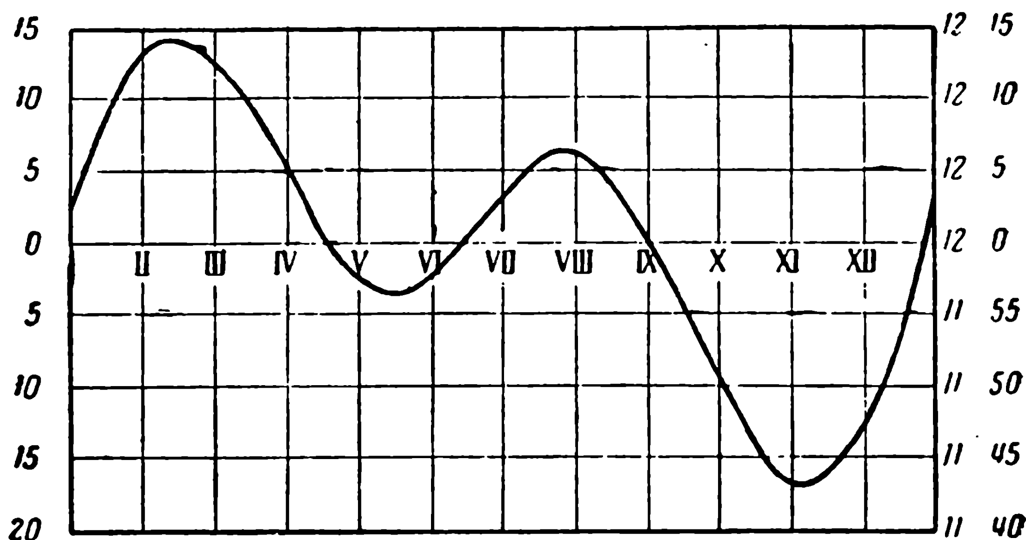


Fig. 7 Acest grafic arată care este diferenţa dintre amiaza solară reală şi amiaza solară medie în anumite zile. Spre exemplu, la 1 aprilie, la amiaza reală un ceas mecanic de precizie trebuie să indice ora 12 şi 5 minute ; cu alte cuvinte, curba arată ora medie a amiezii reale.

Pînă în anul 1919, cetăţenii U.R.S.S. trăiau după ora solară locală. Pentru fiecare meridian al globului pămîntesc, amiaza medie are loc la diferite ore (amiaza „locală"), de aceea fiecare oraş se ghida după ora lui locală ; numai plecarea şi sosirea trenurilor se stabilea după o oră comună pentru întreaga ţară, după ora Petrogradului. Cetăţenii făceau deosebirea între ora „locală" şi ora „gării" în felul următor : ora locală, adică ora solară mijlocie locală, era indicată de ceasul orăşenesc, pe cînd ora solară mijlocie a Petrogradului o indica ceasul gării. În prezent toată circulaţia trenurilor este reglementată după ora Moscovei.

Începînd din anul 1919, calculul duratei unei zile nu se mai bazează pe ora locală, ci pe aşa-zisa oră a „fusului". Globul pămîntesc este împărţit de meridiane în 24 de „fuse" egale între ele, şi toate punctele ce se află pe un fus se ghidează după aceeaşi oră — ora mijlocie solară, care corespunde cu ora meridianului mediu al fusului respectiv. Pe întregul glob pămîntesc, în orice clipă, „există" din acest motiv, numai 24 ore diferite, şi nu o sumedenie de ore locale, aşa cum se obişnuia pînă la introducerea sistemului la baza căruia sta împărţirea pe fuse a globului.

La aceste trei modalităţi de determinare a timpului — ora solară reală, ora mijlocie solară locală şi ora „fusului" — trebuie adăugată o a patra modalitate, folosită numai de astronomi. Această modalitate este ora „siderală", calculată după cele 24 ore siderale, despre care am vorbit mai sus şi care, după cum ştim, sînt mai scurte decît 24 ore solare mijlocii cu aproximativ 4 minute. La 22 septembrie ambele timpuri (mijlociu solar şi sideral) coincid, dar începînd cu ziua următoare timpul sideral depăşeşte timpul mijlociu solar în fiecare zi cu aproape 4 minute.

În sfîrşit, mai există şi o a cincea modalitate de calcul a timpului — aşa-zisa oră „oficială" — după care se ghidează în tot cursul anului întreaga populaţie a U.R.S.S., iar majoritatea ţărilor occidentale se ghidează după această oră în timpul sezonului de vară.

Ora oficială se stabileşte exact cu o oră înainte de ora fusului. Scopul acestei măsuri este următorul : în perioada anului, cînd ziua este mai mare — din primăvară pînă în toamnă — este important să începem şi să terminăm ziua de lucru mai devreme, pentru a reduce consumul de electri-

citate, folosit în scopul iluminatului artificial. Aceasta se realizează oficial prin mutarea înainte a acului indicator de la ceas (orarul). Această modificare de orar, în țările occidentale se înfăptuiește în fiecare primăvară (mutîndu-se acul indicator al ceasului, la ora 1 noaptea, la cifra 2), și în fiecare toamnă acul este mutat înapoi cu o oră.

În U.R.S.S., ora se reglează în felul de mai sus pe întreg anul, adică nu numai vara, ci și iarna; deși consumul electricității nu se reduce în timpul iernii, în schimb se realizează o solicitare mai uniformă a uzinelor electrice.

Ora „oficială" a fost introdusă pentru prima oară în U.R.S.S. în anul 1917 [1]; într-o anumită perioadă, acul indicator al ceasului fusese dat înainte cu două și chiar cu trei ore; după o întrerupere de cîțiva ani, acest procedeu a fost din nou introdus în U.R.S.S., din primăvara anului 1930, și păstrează o diferență de o oră în plus față de ora fusului.

Durata unei zile

Durata exactă a unei zile, pentru orice loc și orice dată a anului, poate fi calculată după tabelele anuarului astronomic. Cititorul nostru, însă, pentru scopurile sale obișnuite, aproape că nu are nevoie de această precizie de calcul; dacă este dispus să se mulțumească cu o aproximație relativ discutabilă, îi va fi de folos schema pe care i-o prezentăm (fig. 8). De-a lungul marginii din stînga se indică în ore *durata unei zile*. De-a lungul marginii de jos este schițată distanța unghiulară a Soarelui față de ecuatorul bolții cerești. Această distanță, care se măsoară în grade, se numește „declinația" Soarelui. În fine, liniile oblice reprezintă diferite latitudini corespunzătoare punctelor de observare.

Pentru a ne folosi de schemă, trebuie să cunoaștem valoarea distanței unghiulare (declinația) a Soarelui față de ecua-

---

[1] Din inițiativa lui I. I. Perelman, care a propus acest proiect de lege (n. red. sov.).

tor, într-o parte sau în cealaltă, pentru diferitele zile ale anului. Datele respective sînt indicate în tabelul de mai jos.

Vom arăta, prin exemple, cum putem folosi această schemă.

1. Ne propunem să aflăm durata unei zile în mijlocul lunii aprilie la Leningrad (adică la o latitudine de 60°).

Găsim în tabel declinaţia Soarelui la mijlocul lui aprilie, adică distanţa unghiulară a lui în aceste zile faţă de ecuatorul bolţii cereşti : + 10°. Căutăm pe linia de jos a schemei cifra 10° şi tragem de aici o dreaptă, perpendiculară pe linia noastră, pînă la punctul de intersecţie cu linia oblică, corespunzătoare paralelei 60. Pe marginea stîngă, punctul de intersecţie corespunde cu cifra $14^1/_2$, adică durata zilei respective, căutate de noi, este egală cu aproximativ 14 ore şi 30 de minute. Am spus „apro-

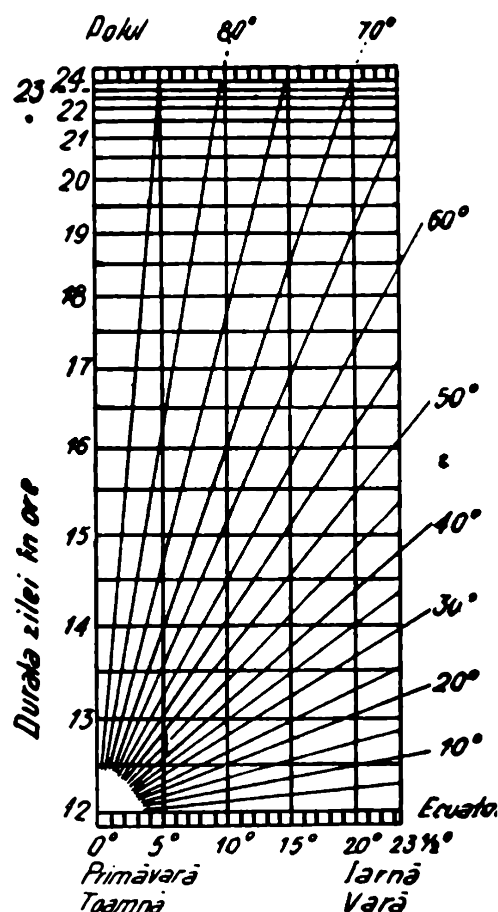


Fig. 8 Schiţe pentru determinarea grafică a duratei unei zile. (Amănunte în text.)

Zilele anului	Declinaţia soarelui	Zilele anului	Declinaţia soarelui
21 ianuarie	—20°	24 iulie	+20°
8 februarie	—15	12 august	+15
23 februarie	—10	28 august	+10
8 martie	— 5	10 septembrie	+ 5
21 martie	0	23 septembrie	0
4 aprilie	+ 5	6 octombrie	— 5
16 aprilie	+10	20 octombrie	—10
1 mai	+15	3 noiembrie	—15
21 mai	+20	22 noiembrie	—20
22 iunie	$+23^1/_2$	22 decembrie	$—23^1/_2$

ximativ“, deoarece schema nu ţine cont de aşa-zisa „refracţie atmosferică“ (vezi pag. 45, fig. 15).

2. Să se afle durata zilei de 10 noiembrie la Astrahan (latitudinea 46°).

Declinaţia Soarelui la 10 noiembrie este egală cu minus 17° (Soarele se află în emisfera de sud a bolţii cereşti). Proce-

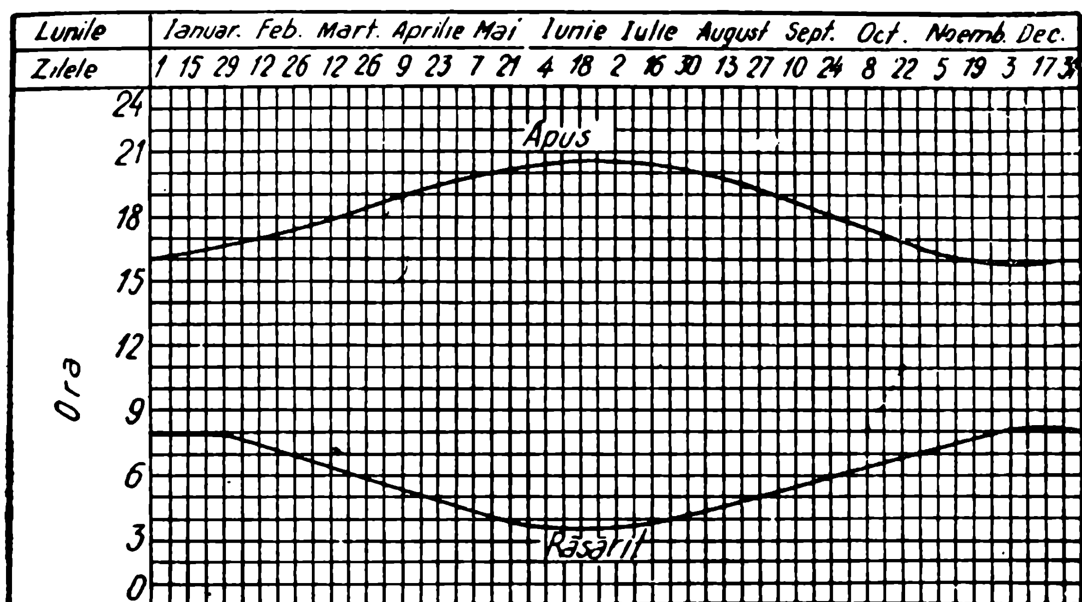


Fig. 9 Graficul răsăritului şi apusului Soarelui în decursul anului pentru paralela 50°.

dînd ca mai sus, găsim că această durată corespunde cu $14^1/_2$ ore. Deoarece de data aceasta declinaţia este negativă, cifra pe care am aflat-o nu reprezintă durata zilei, ci a nopţii. Durata zilei pe care dorim să o aflăm este egală cu $24 - 14^1/_2 = 9^1/_2$ ore.

Mai putem calcula şi momentul cînd răsare Soarele. Împărţind $9^1/_2$ la 2, obţinem 4 ore şi 45 minute. Ştiind că la 10 noiembrie ceasul indică amiaza reală la ora 11 şi 43 minute, aflăm momentul cînd răsare Soarele, astfel: ora 11 şi 43 minute, minus 4 ore şi 45 minute = ora 6 şi 58 minute. Apusul Soarelui în aceeaşi zi va avea loc la 11 şi 43 minute plus 4 ore şi 45 minute = ora 16 şi 28 minute, adică la ora 4 şi 28 minute după masă. În acest fel, ambele scheme (fig. 7 şi fig. 8), dacă sînt folosite în mod corespunzător, pot înlocui tabelele respective ale anuarului astronomic.

Făcînd uz de metoda expusă aci, veţi putea stabili pentru latitudinea locului unde domiciliaţi un grafic pe tot anul, care să indice orele la care răsare şi apune Soarele, precum şi durata zilei. Drept model pentru un astfel de grafic vă poate servi schiţa din figura 9, făcută pentru paralela 50 (graficul a fost întocmit după ora locală, nu după ora oficială). Cercetîndu-l cu atenţie, veţi înţelege cum trebuie să faceţi asemenea grafice. Făcînd o singură schiţă pentru latitudinea locului unde vă aflaţi, veţi reuşi ca dintr-o singură privire să spuneţi cu aproximaţie la ce oră va răsări sau va apune Soarele în oricare zi a anului.

Umbre neobişnuite

Desenul din figura 10 pare să fie enigmatic : un om în plin Soare este aproape lipsit de umbră.

Şi totuşi desenul este făcut după natură, dar nu la latitudinile noastre, ci în apropiere de Ecuator, în clipa cînd Soarele se afla aproape vertical deasupra capului unui om (aşa cum se spune, la „zenit“).



Fig. 10 Omul aproape că nu are umbră. Desenul redă o fotografie făcută în apropiere de Ecuator.

La latitudinile noastre Soarele nu se află niciodată la zenit ; o astfel de imagine nu se poate observa la noi. Cînd Soarele de amiază atinge la noi înălţimea cea mai mare (la 22 iunie), el se află la zenitul fiecărui loc situat la graniţa nordică a zonei toride (pe tropicul Racului — la paralela $23^1/_2°$). Peste o jumătate de an, la 22 decembrie, Soarele se află la zenitul fiecărui loc situat pe paralela $23^1/_2°$ — latitudine sudică (tropicul Capricornului). Între aceste limite, adică în zona tropicală, sînt situate punctele unde Soarele de amiază se află de două ori pe an

la zenit şi luminează astfel locul, încît toate obiectele sînt lipsite de umbră.

Figura 11, care reprezintă un om la pol, este fantastică, dar şi instructivă. Un om nu poate face umbră concomitent în şase locuri; desenatorul a vrut să arate astfel, în mod

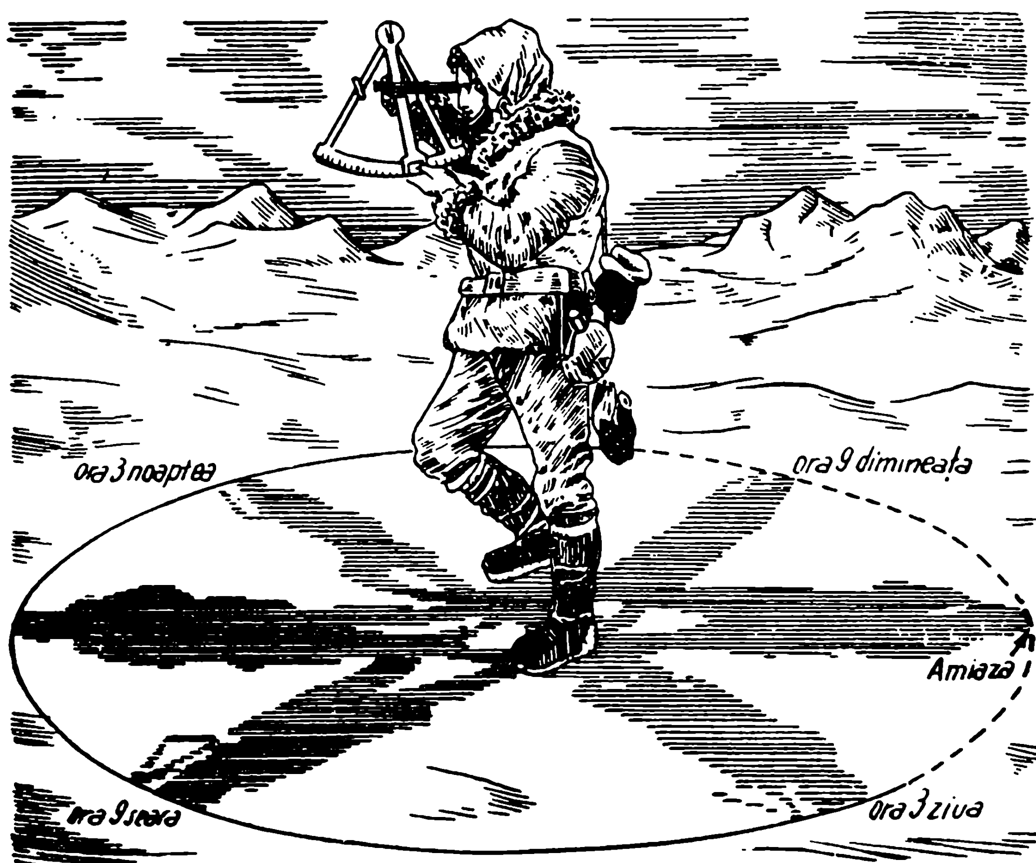


Fig. 11 Umbrele la pol nu-şi schimbă lungimea pe parcursul a 24 ore.

demonstrativ, particularitatea originală a Soarelui polar. Umbra pe care o lasă în decursul celor 24 de ore are mereu *aceeaşi lungime*. Cauza o constituie faptul că Soarele, la pol, în timp de 24 ore, nu se mişcă în unghi spre orizont, ca la noi, ci aproape paralel cu orizontul. Greşeala desenatorului, însă, este că a făcut umbrele prea scurte în comparaţie cu înălţimea omului. Dacă umbrele ar avea această lungime, ar însemna că Soarele se află la o înălţime de 40°, lucru imposibil la pol: acolo Soarele nu se ridică niciodată mai sus de $23^1/_2$°. Este uşor să se calculeze — citi-

torul, care cunoaşte trigonometrie poate să mă verifice — că umbra cea mai scurtă la pol trebuie să fie cel puţin de 2,3 ori mai lungă decît înălţimea obiectului care o face.

O problemă despre două trenuri

Două trenuri, absolut identice, merg cu aceeaşi viteză în direcţii opuse (fig. 12) : unul de la est spre vest, celălalt de la vest spre est. Care dintre ele este mai greu ?



Fig. 12 Problemă cu două trenuri.

Cel mai greu (mai bine-zis, care apasă cu mai multă forţă pe şine) este cel care merge în direcţia opusă rotaţiei Pămîntului, de la răsărit spre apus. Acest tren se mişcă mai încet în jurul axei globului pămîntesc, deoarece, ca urmare a forţei centrifuge, el pierde mai puţin din greutatea sa, decît trenul care merge spre răsărit.

Care este diferenţa ? Să facem un calcul pentru trenurile care merg de-a lungul paralelei 60°, cu o viteză de 72 km/oră sau 20 m/sec. Punctele de pe suprafaţa pămîntului, aflate la paralela indicată, se mişcă în jurul axei cu o viteză de 230 m/sec. Deci, trenul care merge spre răsărit, în direcţia de rotaţie a Pămîntului, are o viteză circulară de 230 + 20, adică 250 m/sec, iar trenul care merge spre apus, în direcţia opusă rotaţiei Pămîntului, are o viteză de 210 m/sec. Acceleraţia centrifugă pentru primul este de :

$$\frac{V_1^2}{R} = \frac{25\,000^2}{320\,000\,000} \text{ cm/sec}^2,$$

deoarece raza cercului paralelei de 60° este egală cu 3 200 km.

Pentru al doilea tren, aceeaşi acceleraţie este egală cu :

$$\frac{V_2^2}{R} = \frac{21\,000^2}{320\,000\,000} \text{ cm/sec}^2.$$

Diferenţa dintre acceleraţiile centripete ale celor două trenuri este egală cu :

$$\frac{V^2 - V_2^2}{R} = \frac{25\,000^2 - 21\,000^2}{320\,000\,000} \approx 0{,}6 \text{ cm/seo}^2.$$

Dat fiind că direcţia acceleraţiei centripete formează împreună cu direcţia gravitaţiei un unghi de 60°, luăm în consideraţie numai componenta respectivă a acceleraţiei centripete, şi anume : 0,6 cm/$\text{seo}^2 \times \cos 60° = 0{,}3$ cm/sec^2.

Aceasta reprezintă din acceleraţia gravitaţiei o fracţiune de $\frac{0{,}3}{980}$ sau circa 0,0003.

Prin urmare, trenul care merge spre răsărit este mai uşor decît trenul ce merge în direcţia vest cu 0,0003 din greutatea sa. De exemplu, dacă trenul constă dintr-o locomotivă şi 45 vagoane de marfă încărcate şi cîntăreşte 3 500 t, diferenţa de greutate va fi egală cu

$$3\,500 \times 0{,}0003 = 1{,}05 \text{ t} = 1\,050 \text{ kg}.$$

Pentru un vapor mare, cu un tonaj de 20 000 t, care navighează cu o viteză de 34 km/oră (20 noduri), aceeaşi diferenţă ar fi de 3 t. Scăderea în greutate în timpul mersului unei nave spre răsărit trebuie să se răsfrîngă asupra indicaţiilor barometrului cu mercur. La viteza sus-menţionată, înălţimea coloanei de mercur trebuie să fie cu 0,00015 × 760, adică cu 0,1 mm mai mică pe vasul care merge spre est decît pe vasul care merge spre vest.

Chiar un pieton, care merge pe o stradă a Leningradului de la vest spre est, cu o viteză de 5 km pe oră, devine cu aproximativ 1,5 g mai uşor decît dacă ar merge de la est spre vest.

Punctele cardinale determinate cu ajutorul ceasului de buzunar

Metoda de a găsi, într-o zi cu soare, punctele cardinale prin intermediul ceasului de buzunar este binecunoscută. Cadranul ceasului se aranjează în aşa fel, ca acul său indicator să fie îndreptat spre Soare. Unghiul dintre acest ac şi linia de unire a cifrelor 6—12 se împarte în două : bisectoarea va indica în acest caz direcţia sud. Nu este greu de înţeles justeţea acestei metode. În mişcarea sa de o zi şi o noapte, Soarele face înconjurul bolţii cereşti în 24 ore, iar acul indicator de la ceas face înconjurul cadranului în 12 ore, adică efectuează într-un timp egal un arc de două ori mai mare. Deci, dacă la amiază acul indicator este îndreptat spre Soare, peste un timp oarecare el va depăşi Soarele, înscriind cu vîrful său un arc dublu prin mărimea lui. Iată de ce, dacă împărţim arcul pe care îl descrie acul indicator al ceasului, astfel ca poziţia cadranului să fie cea arătată de noi mai sus, trebuie să găsim pe bolta cerească punctul în care se găsea Soarele la amiază, adică direcţia spre sud (fig. 13).

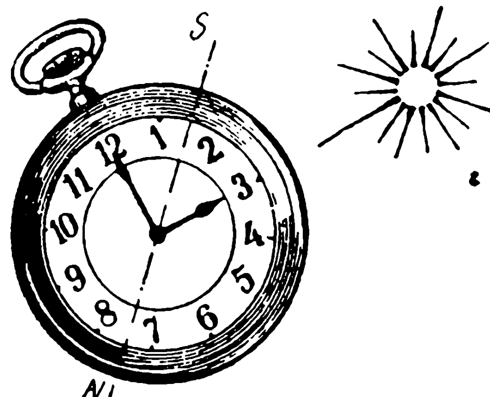


Fig. 13 Metodă simplă, nu prea exactă însă, de stabilire a punctelor cardinale cu ajutorul ceasului de buzunar

Experienţa ne demonstrează, însă, că această metodă este foarte inexactă, dînd erori de zeci de grade. Pentru a înţelege de ce lucrurile se petrec astfel, trebuie să cunoşti bine metoda recomandată. Cauza principală a inexactităţii constă în faptul că, în general, cadranul ceasului se aşază paralel cu planul orizontului, în timp ce calea pe care o parcurge Soarele în timp de 24 ore are o poziţie orizontală numai la pol, iar în dreptul tuturor celorlalte latitudini el formează cu orizontul diferite unghiuri care merg pînă la un unghi drept (la Ecuator). De aceea ne putem orienta fără greş după ceasul de buzunar numai la pol, iar în toate celelalte puncte se comit erori mai mici sau mai mari.

Să ne uităm la desenul următor (fig. 14 a). Să zicem că observatorul se află în punctul M, punctul N fiind polul globului pămîntesc. Cercul HASNRBQ — meridianul ceresc — trece pe la zenitul observatorului şi pe la pol. La ce latitudine se află observatorul nu este greu să determinăm ; în acest scop este suficient să măsurăm cu raportorul înălţimea polului faţă de orizontul NR ; ea este egală cu latitudinea locului [1]. Privind din punctul M în direcţia N,

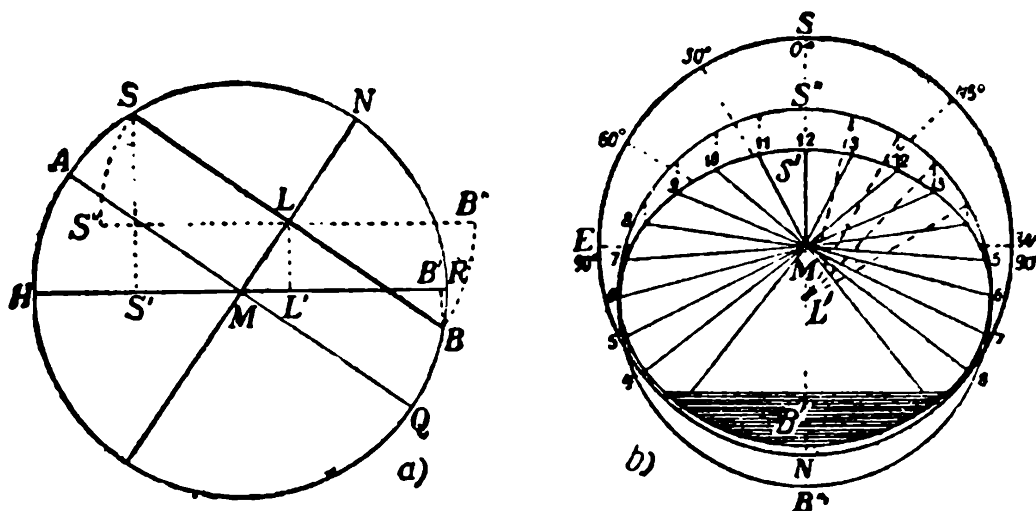


Fig. 14 *a* şi *b*. Pentru care motiv ceasul de buzunar nu dă indicaţii precise, dacă îl folosim drept busolă ?

observatorul are în faţa sa punctul sud. Calea parcursă de Soare în 24 ore va fi reprezentată în acest desen printr-o linie dreaptă, din care o parte se găseşte deasupra liniei orizontului (calea parcursă de Soare în timpul zilei), iar cealaltă parte este sub linia orizontului (calea parcursă în timpul nopţii). Dreapta AQ reprezintă calea pe care o parcurge Soarele în perioada echinocţiilor ; după cum vedem, drumul parcurs ziua este egal cu drumul parcurs noaptea.

Dreapta SB reprezintă drumul Soarelui în timpul verii ; ea este paralelă cu dreapta AQ, numai că cea mai mare parte a ei se află deasupra liniei orizontului şi numai o parte neînsemnată (să ne reamintim nopţile scurte de vară) se află sub linia orizontului. De-a lungul acestor circumferinţe Soa-

---

[1] Explicaţia la aceasta o găsiţi în cartea mea „Geometria distractivă", la cap. „Geometria Robinsonilor" (n. a.).

rele parcurge în fiecare ceas a 24-a parte din lungimea lor totală, adică $\frac{360°}{24} = 15°$, şi totuşi la trei ore după amiază Soarele nu este la punctul sud-vest al orizontului, cum ar fi de aşteptat ($15° \times 3 = 45°$) ; cauza diferenţei o constituie faptul că proiecţiile arcelor egale, pe care le formează Soarele în drumul său faţă de planul orizontului, nu sînt egale între ele.

Vom înţelege mai bine acest lucru dacă analizăm figura 14 b. Circumferinţa SWNE reprezintă orizontul, văzut de la zenit ; dreapta SN este meridianul bolţii cereşti. Observatorul se postează în punctul M ; centrul circumferinţei descrisă pe cer de Soare în 24 ore se proiectează pe planul orizontului în punctul L' (vezi fig. 14 a) ; însuşi cercul pe care-l parcurge Soarele se proiectează pe planul orizontului prin elipsa S'B'.

Să marcăm proiecţiile punctelor traiectoriei parcurse de Soare, SB, pe planul orizontului. Pentru aceasta să întoarcem cercul SB în aşa fel ca să fie paralel cu planul orizontului (poziţia S"B", fig. 14 a), să-l împărţim în 24 părţi egale şi să-l proiectăm pe planul orizontului. Pentru a marca punctele elipsei S'B' — proiecţiile circumferinţei parcurse de Soare pe planul orizontului — din punctele de intersecţie ale cercului S"B" vom trage segmente paralele cu SN. Este limpede că vom obţine arce inegale : observatorului i se vor părea şi mai inegale, pentru că el nu le priveşte din centrul L' al elipsei, ci din punctul M, aflat mai într-o parte.

Să urmărim acum în ce măsură ne putem înşela, determinînd după cadranul de la ceas punctele cardinale într-o zi de vară, pentru latitudinea propusă de noi (53°). În acest timp, Soarele răsare între orele 3—4 dimineaţa (linia de delimitare a segmentului haşurat, care reprezintă noaptea). În punctul E la răsărit (90°) Soarele nu ajunge la ora 6, cum trebuie să fie după cadran, ci la 7 şi jumătate. La 60° de la punctul sud, el nu va fi la ora 8 dimineaţa, ci la $9^1/_2$; la 30° de la punctul sud — nu la ora 10, ci la ora 11. La punctul sud-vest (45° dincolo de S), Soarele nu apare la ora 3 din zi, ci la ora 1 şi 40 minute ; la vest el nu este la ora 6 seara, ci la ora $4^1/_2$ din zi.

Dacă adăugăm la toate acestea faptul că ora oficială, pe care o indică ceasul de buzunar, nu coincide cu ora solară

locală reală, inexactitatea determinării punctelor cardinale trebuie să fie şi mai accentuată.

Prin urmare, cu toate că ceasul de buzunar poate servi drept busolă, precizia cu care o face este foarte discutabilă. O astfel de busolă greşeşte în măsură mai mică în perioada echinocţiilor (cînd observatorul nu mai are o poziţie excentrică) şi în timpul iernii.

Nopţi albe şi zile negre

La mijlocul lunii aprilie, Leningradul intră în perioada nopţilor albe — în perioada acelui „amurg străveziu" şi a acelei „luminozităţi fără lună" — la a căror privelişti fantastice au luat naştere atîtea inspiraţii poetice. Tradiţiile literare au legat într-atîta nopţile albe din Leningrad, încît mulţi ar fi gata să le considere drept o particularitate caracteristică exclusiv a Leningradului. În realitate nopţile albe, ca fenomen astronomic, sînt caracteristice pentru toate locurile aflate mai sus de o anumită latitudine.

Dacă am lăsa la o parte poezia şi ne-am adresa prozei astronomice privitoare la acest fenomen, am vedea că noaptea albă nu este altceva decît contopirea amurgului serii cu zorile dimineţii. Alexandr Sergheievici Puşkin a determinat just esenţa acestui fenomen, definindu-l ca unire a amurgului cu zorile.

„Şi nelăsînd ca negrul nopţii să se aştearnă peste cer,
Zori blînde ale dimineţii iau locul altor zori, ce pier..."

La acele latitudini unde Soarele, în drumul său aparent de-a lungul bolţii cereşti, se lasă sub linia orizontului — dar nu peste $17\frac{1}{2}°$ — acolo amurgul serii nu apucă să dispară, căci zorile dimineţii l-au şi înlocuit, fără a mai da răgaz nopţii nici măcar o jumătate de oră.

Bineînţeles, nici Leningradul şi nici vreun alt loc nu se bucură de privilegiul de a fi singurul punct unde se observă acest fenomen. Limita zonei nopţilor albe s-a calculat pe cale astronomică, constatîndu-se că unirea amurgului cu zorile se observă mult mai la sud de paralela Leningradului.

Moscoviţii se pot de asemenea desfăta cu priveliştea nopţilor albe, începînd aproximativ de la mijlocul lunii mai

pînă la sfîrşitul lui iulie. Aici ele nu sînt atît de luminoase ca la Leningrad în aceeaşi perioadă; totuşi nopţile albe *de mai* ale Leningradului pot fi observate la Moscova în tot cursul lunii iunie şi la începutul lui iulie.

Limita sudică a zonei nopţilor albe trece prin U.R.S.S. la latitudinea Poltavei, adică la 49° latitudine nordică ($66\frac{1}{2}$—$17\frac{1}{2}$). Aici are loc o noapte albă pe an, şi anume la 22 iunie. Pornind spre nord de la această latitudine, nopţile albe devin tot mai luminoase, iar perioada lor mai îndelungată. Nopţi albe sînt şi la Kuibîşev, la Kazan, Pskov, Kirov şi la Eniseisk; deoarece, însă, aceste puncte se află mai jos de Leningrad, perioada nopţilor albe este mai scurtă aici (de ambele părţi ale datei de 22 iunie) şi nu ating luminozitatea respectivă. În schimb, la Pudoj ele sînt mai luminoase ca la Leningrad, iar la Arhanghelsk, oraş situat în apropierea zonei unde Soarele nu apune, nopţile sînt şi mai luminoase. Nopţile albe ale Stockholmului nu se deosebesc cu nimic de cele ale Leningradului.

Cînd partea de jos a drumului parcurs de Soare în 24 de ore nu se lasă de loc sub limita orizontului, ci alunecă uşor pe lîngă aceasta, nu are loc doar o contopire a amurgului cu zorile, ci ziua precedentă este urmată de o nouă zi; avem o zi continuă. Acest fenomen poate fi observat pentru prima oară la 65°42′ latitudine; aici începe împărăţia Soarelui nocturn. Mai la nord — începînd de la 67°24′ — se poate vedea de asemenea şi o noapte continuă, contopirea zorilor cu amurgul, *în clipa amiezei*, şi nu în clipa miezului nopţii. Aceasta este „ziua neagră“, antipodul nopţii albe, deşi gradul lor de luminozitate este acelaşi. Ţara zilelor negre este şi ţara Soarelui nocturn; aceste fenomene însă se petrec în două perioade diferite ale anului. Acolo unde în luna iunie [1] Soarele nu apune de loc, în decembrie domneşte întunericul zile şi nopţi de-a rîndul, datorită faptului că Soarele nu răsare.

[1] În golful Ambarcik Soarele nu trece peste linia orizontului de la 19 mai pînă la 26 iunie, iar în apropierea golfului Tixi – de la 12 mai pînă la 1 august (n. a.).

Alternanța întunericului și luminii

Nopțile albe sînt o dovadă grăitoare a faptului că imaginea noastră, formată din copilărie, cu privire la schimbul egal între noapte și zi pe Pămînt, cuprinde prea simplist ansamblul acestei alternanțe. În realitate alternanța periodică a luminii și întunericului pe planeta noastră este cu totul alta și nu se poate încadra în schema obișnuită a zilei și a nopții. Din acest punct de vedere am putea să împărțim sfera locuită de noi în 5 zone, în care alternanța luminii și a întunericului are loc în chip diferit pentru fiecare din ele.

Prima zonă — dacă pornim de la Ecuator spre ambii poli — se întinde pînă la paralela 49° ; aici, și numai aici, *fiecare interval de 24 ore constă dintr-o zi deplină și o noapte deplină.*

A doua zonă, între 49—65$^1/_2$°, care include toate localitățile Uniunii Sovietice mai sus de paralela Poltavei, în jurul solstițiului de vară se caracterizează printr-un amurg continuu ; aceasta este *zona nopților albe.*

În cea de-a treia zonă, între 65$^1/_2$° și 67$^1/_2$°, în jurul lui 22 iunie Soarele nu apune cîteva zile în șir ; aceasta este *zona Soarelui nocturn.*

Pentru zona a patra, între 67$^1/_2$—83$^1/_2$°, este caracteristică, pe lîngă o zi continuă în luna iunie și o noapte permanentă, care durează zile de-a rîndul, în decembrie ; în această din urmă perioadă, Soarele nu răsare cîteva zile în șir ; zorile și amurgul înlocuiesc ziua. Aceasta este *zona zilelor negre.*

Cazul cel mai complicat de alternare a luminii cu întunericul îl întîlnim în cea de-a cincea zonă, la nord de 83$^1/_2$°. Breșa, pe care o fac nopțile albe ale Leningradului în alternarea zilei și a nopții, atinge aici apogeul în ce privește deosebirea față de alternarea obișnuită. O întreagă jumătate de an, de la solstițiul de vară la solstițiul de iarnă, adică de la 22 iunie pînă la 22 decembrie, se împarte în 5 perioade, în 5 anotimpuri ale anului, dacă vreți. În cursul primei perioade este zi continuă ; în cursul perioadei a doua ziua se alternează cu amurgul în jurul miezului nopții ; nopți depline nu există însă (nopțile de vară de la Leningrad sînt o asemănare palidă ale nopților noastre) ; în perioada a treia este un amurg continuu, zile sau nopți depline nu există ;

în cursul perioadei a patra acest amurg continuu se întunecă aproape de miezul nopții și se transformă în noapte deplină ; în sfîrșit în perioada a cincea domnește noaptea totală. În a doua jumătate a anului, aceleași fenomene se repetă în ordine inversă.

De cealaltă parte a Ecuatorului, în emisfera sudică, la latitudinile geografice respective, se observă bineînțeles aceleași fenomene.

Dacă nu auzim nimic despre nopțile albe ale „sudului îndepărtat", este numai pentru motivul că acolo se întinde oceanul.

Paralela care corespunde în emisfera de sud latitudinii Leningradului nu traversează nici un petic de pămînt ; ea se întinde în întregime peste ocean ; numai marinarii care navighează în apele emisferei sudice pot contempla „nopțile albe din sud".

Enigma Soarelui polar

Problemă

Cei care au fost în regiunile polare au remarcat o interesantă particularitate a razelor Soarelui. Acestea încălzesc acolo pămîntul foarte slab, în schimb acționează cu o putere neașteptată asupra tuturor obiectelor care au poziție verticală.

Se încălzesc simțitor pantele abrupte ale stîncilor, precum și pereții caselor, munții de gheață se topesc cu repeziciune, smoala de la bordul vaselor din lemn se înmoaie, pielea feței se bronzează etc.

Cum se explică această acțiune a razelor Soarelui polar asupra obiectelor aflate în poziție verticală ?

Răspuns

Întîlnim aici consecința neașteptată a unei legi fizice, care spune că acțiunea razelor este cu atît mai mare cu cît ele cad mai vertical pe suprafața unui obiect. În regiunile

polare, chiar în timpul verii, Soarele nu se ridică prea sus; înălţimea lui dincolo de cercul polar nu poate depăşi o jumătate dintr-un unghi drept, iar la latitudinile înalte ea este cu mult sub mărimea unei jumătăţi de unghi drept.

Este uşor de înţeles că, dacă razele Soarelui formează cu o suprafaţă orizontală un unghi mai mic decît jumătatea unui unghi drept, cu o linie verticală aceste raze trebuie să formeze un unghi mai mare decît jumătatea unui unghi drept; cu alte cuvinte, să cadă destul de drept pe suprafeţe verticale.

Acum este limpede motivul pentru care razele Soarelui polar încălzesc slab pămîntul; pentru aceleaşi motive ele trebuie să încălzească puternic obiectele în poziţie verticală.

Cînd încep anotimpurile anului

Dacă la 21 martie viscoleşte cu putere, dacă afară e ger sau, dimpotrivă, dacă a început dezgheţul, această zi se consideră, în emisfera nordică sfîrşit de iarnă şi început de primăvară — primăvara astronomică. Mulţi nu înţeleg de ce tocmai data de 21 martie (în unii ani — 22) a fost aleasă drept piatră de hotar între iarnă şi primăvară, deşi în această perioadă ar putea să fie un ger de crapă pietrele, sau, invers, de mult să se fi încălzit timpul.

Adevărul este că începutul primăverii nu-l determină cîtuşi de puţin vremea capricioasă şi schimbătoare din perioada respectivă. Însuşi faptul că începutul primăverii este marcat de una şi aceeaşi zi pentru toate locurile din emisfera respectivă a Pămîntului trebuie să ne indice faptul că variaţiunile meteorologice nu au o importanţă hotărîtoare în această chestiune. Nu este posibil ca pe o întreagă emisferă a globului pămîntesc vremea să fie aceeaşi!

La stabilirea termenelor de delimitare a anotimpurilor anului, astronomii nu se ghidează după fenomene meteorologice, ci după cele astronomice; se ghidează după înălţimea soarelui la amiază şi durata zilei, în funcţie de această înălţime. Vremea bună sau vremea rea sînt elemente de circumstanţă.

Ziua de 21 martie se deosebeşte de celelalte zile ale anului prin faptul că în acest timp hotarul luminii şi al umbrei

trece exact prin cei doi poli geografici ai Pămîntului. Luînd în mîini un glob şi ţinîndu-l într-o anumită poziţie în faţa lămpii, vă veţi convinge că hotarul luminii trece de-a lungul meridianului pămîntesc, tăind Ecuatorul şi toate circumferinţele paralelelor în unghi drept. În această poziţie faceţi o mişcare de rotaţie a globului în jurul axei sale, în lumina lămpii ; fiecare punct de pe suprafaţa globului va descrie un cerc, din care exact o jumătate va sta în lumină, iar cealaltă jumătate va sta în întuneric. Aceasta înseamnă că la o anumită dată a anului durata zilei este egală cu durata nopţii. În această perioadă, egalitatea zilei şi a nopţii se observă pe întreg globul pămîntesc, de la Polul Nord la Polul Sud. Şi pentru că în acea perioadă ziua are 12 ore — jumătate din cele 24 ore — Soarele răsare pretutindeni la ora 6 şi apune la ora 18 (fireşte ora locală).

Prin urmare, aceasta este particularitatea datei de 21 martie : ziua şi noaptea sînt atunci egale pe întreg cuprinsul planetei noastre. Denumirea astronomică a acestui moment deosebit este de „echinocţiul de primăvară". I se spune de primăvară, pentru că acest echinocţiu nu este singurul dintr-un an. După o jumătate de an, la 23 septembrie, se repetă momentul egalităţii dintre zi şi noapte, aşa-numitul „echinocţiu de toamnă", care marchează sfîrşitul verii şi începutul toamnei. Cînd în emisfera de nord este echinocţiu de primăvară, de partea cealaltă a Ecuatorului, în emisfera de sud, este echinocţiu de toamnă şi invers. De o parte a Ecuatorului, locul iernii îl ia primăvara, iar de cealaltă parte, locul verii îl ia toamna. Anotimpurile anului din emisfera nordică nu coincid cu cele din emisfera sudică.

Să urmărim, de asemenea, cum variază în timpul anului durata relativă a unei zile şi a unei nopţi. Incepînd din ziua echinocţiului de toamnă, adică 23 septembrie, în emisfera nordică ziua începe să devină mai mică decît noaptea. Această situaţie durează o jumătate de an şi în această perioadă zilele se micşorează la început, pînă la 22 decembrie, iar apoi cresc, pînă la 21 martie, cînd ziua se egalează cu noaptea. Din acest moment, în tot timpul jumătăţii de an următoare, în emisfera nordică ziua este mai mare ca noaptea. Zilele cresc pînă la 22 iunie, după care dată încep să se micşoreze, rămînînd trei luni mai lungi ca

noaptea ; ele se egalează din nou cu noaptea numai în momentul echinocţiului de toamnă (23 septembrie).

Cele patru date menţionate mai sus determină începutul şi sfîrşitul anotimpurilor astronomice ale anului. Deci, pentru locurile din emisfera nordică, aceste date au ordinea următoare :

21 martie — ziua egală cu noaptea — începutul primăverii.

22 iunie — cea mai lungă zi — începutul verii.

23 septembrie — ziua egală cu noaptea — începutul toamnei.

22 decembrie — ziua cea mai scurtă — începutul iernii.

De cealaltă parte a Ecuatorului, în emisfera sudică, primăvara la noi coincide acolo cu toamna, vara la noi cu iarna acolo etc.

În încheiere punem cititorului cîteva întrebări, iar răspunsul pe care va trebui să-l găsească îl va ajuta să clarifice mai bine şi să-şi fixeze în memorie cele spuse de noi :

1. În ce loc de pe globul pămîntesc ziua este egală cu noaptea în tot cursul anului ?

2. La ce oră (după ora locală) va răsări Soarele la Taşkent la 21 martie 1960 ? La ce oră va răsări el în aceeaşi zi la Tokio ? La Buenos-Aires ?

3. La ce oră (după ora locală) va răsări Soarele la Novosibirsk în ziua de 23 septembrie a.c. ? Dar la New York ? La Capul Bunei Speranţe ?

4. La ce oră răsare Soarele la punctele Ecuatorului în ziua de 2 august ? Dar la 27 februarie ?

5. Se întîmplă ca în luna iulie să fie ger, iar în luna ianuarie arşiţă ? [1]

---

[1] Răspuns la întrebări : 1. La Ecuator întotdeauna ziua este egală cu noaptea, deoarece hotarul luminii împarte Ecuatorul în două părţi egale, indiferent de poziţia globului pămîntesc. 2 şi 3. În zilele echinocţiilor, pe întreg pămîntul, Soarele răsare la ora 6 şi apune la ora 18, după ora locală. 4. La Ecuator, în toate zilele anului, Soarele răsare la ora 6 (ora locală). 5. La latitudinile medii ale emisferei sudice, gerul în iulie şi arşiţa în ianuarie sînt fenomene obişnuite.

Trei de „dacă“

Adeseori un lucru prea banal se explică mai greu decît un *lucru neobişnuit.* Particularităţile sistemului de calcul zecimal, pe care ni-l însuşim din copilărie, îl constatăm numai atunci cînd încercăm să ne imaginăm cifrele într-un alt sistem, de pildă într-un sistem cu baza şapte sau cu baza doisprezece. Esenţa geometriei euclidiene o pătrundem cînd începem să studiem geometria neeuclidiană. Pentru a înţelege cum trebuie rolul pe care-l are în viaţa noastră forţa gravitaţiei, trebuie să ne-o închipuim mult mai mare sau mult mai mică ca în realitate. Vom proceda astfel, cînd va fi vorba despre gravitate. Acum, însă, ne vom folosi şi de metoda „dacă“, pentru a vedea mai limpede condiţiile de mişcare a Pămîntului în jurul Soarelui. Să pornim de la principiul învăţat în şcoală că axa Pămîntului formează cu planul orbitei Pămîntului un unghi de $66\frac{1}{2}°$ (circa $\frac{3}{4}$ dintr-un unghi drept). Veţi pricepe mai bine acest lucru, dacă o să vă închipuiţi că unghiul de înclinaţie nu ar fi acesta, ci, de pildă, chiar un unghi drept. Cu alte cuvinte, închipuiţi-vă că axa Pămîntului este perpendiculară pe planul orbitei, aşa cum visau să o facă membrii *Clubului tunarilor* în romanul de aventuri fantastice al lui *Jules Verne, „De la Pămînt la Lună“*. Ce schimbări ar produce această împrejurare în starea de fapt a naturii ?

Dacă axa Pămîntului ar fi perpendiculară pe planul orbitei

Prin urmare, să ne imaginăm că intenţia artileriştilor lui Jules Verne „de a îndrepta axa Pămîntului“ s-ar fi realizat şi că axa formează un unghi drept cu planul orbitei pe care se mişcă planeta noastră în jurul Soarelui. Ce schimbări am observa în natură ?

În primul rînd, Steaua Polară actuală — alfa Ursei Mici — ar înceta de a mai fi polară. Prelungirea axei Pămîntului nu ar mai trece prin apropierea ei, iar bolta cerească ar începe să se rotească în jurul unui alt punct de pe cer.

În al doilea rînd s-ar schimba cu desăvîrşire alternanţa anotimpurilor anului ; s-ar schimba în sensul că această alternanţă nu ar mai avea loc în genere.

Ce anume condiţionează alternanţa anotimpurilor anului ? De ce vara este mai cald ca iarna ? Nu ne vom eschiva de a da răspuns la această întrebare banală. În şcoală, explicaţiile ce se dau în această privinţă sînt departe de a fi complete, iar mai tîrziu majoritatea oamenilor nu au răgaz să se ocupe de ele.

În cursul verii, timpul se încălzeşte în emisfera nordică mai întîi pentru motivul că, datorită înclinaţiei axei Pămîntului, a cărei extremitate nordică în acest anotimp este îndreptată mai mult către Soare, zilele devin lungi şi nopţile scurte. Soarele încălzeşte mai mult timp solul, iar în cursul nopţii pămîntul nu apucă să se răcească ; debitul de căldură creşte, iar consumul ei scade. Al doilea motiv îl constituie aceeaşi înclinaţie a axei spre Soare, din care cauză acesta din urmă „trece“ pe bolta cerească la o înălţime mare, razele lui atingînd Pămîntul dintr-un unghi mai mare. Deci, în timpul verii, nu numai că Soarele încălzeşte *timp mai îndelungat*, dar căldura lui ajunsă pe sol *este şi în cantitate mai mare*. Iarna, dimpotrivă, Soarele încălzeşte un timp mai *scurt* şi în acelaşi timp cantitatea de căldură ajunsă pe sol este mică ; răcirea din cursul nopţii are o durată mai lungă.

În emisfera sudică, aceleaşi fenomene au loc cu şase luni mai tîrziu (sau, dacă vreţi, mai devreme). În primăvară şi toamnă ambii poli deţin aceeaşi poziţie faţă de razele Soarelui, cerul care desparte lumina de umbră coincide aproape cu meridianele ; zilele şi nopţile sînt aproximativ egale ; se creează condiţiile climaterice intermediare între iarnă şi vară.

Ar mai avea loc aceste schimbări dacă axa Pămîntului ar fi perpendiculară pe planul orbitei ? Desigur că nu, deoarece globul pămîntesc ar avea mereu aceeaşi poziţie faţă de razele Soarelui şi în fiecare punct de pe Pămînt, în tot cursul anului, ar domni acelaşi sezon. Care anume ? Pentru zona polară şi zona temperată îl putem numi primăvară, deşi în aceeaşi măsură se poate numi şi toamnă. Oricînd şi oriunde zilele ar fi egale nopţilor, aşa cum se întîmplă numai în jurul datei de 20 a lunilor martie şi septembrie. (În condiţii aproximativ aceleaşi se află planeta Jupiter ;

axa ei de rotaţie este aproape perpendiculară faţă de planul orbitei pe care ea o descrie în jurul Soarelui.)

Aceasta ar fi clima în zona temperată. În zona tropicală, deosebirile climatice nu ar fi prea deosebite de cele de azi; la poli, dimpotrivă, aceste deosebiri ar fi mult mai accen-

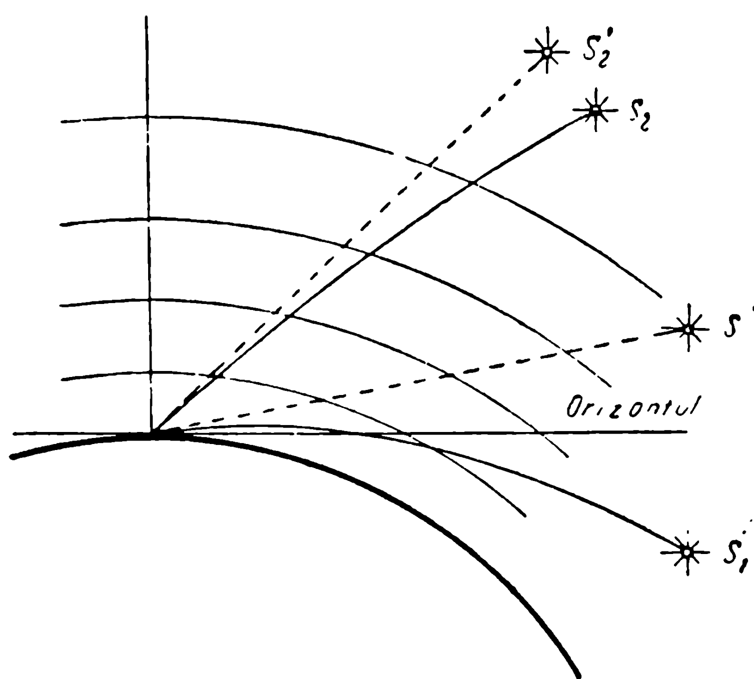


Fig. 15 Refracţia atmosferică. Raza emisă de soarele S_2 trecînd prin atmosfera Pămîntului, suferă o deviaţie în fiecare strat al ei şi se abate din drum, fapt în urma căruia nouă ni se pare că raza porneşte din punctul S_2, aflat mai sus. Deşi soarele S_1 a coborît de mult sub orizont, datorită refracţiei, noi îl mai vedem.

tuate. Aici, datorită refracţiei atmosferice, Soarele, care s-ar menţine cu puţin deasupra orizontului (fig. 15), nu ar apune niciodată şi în tot timpul anului s-ar vedea la orizont. Am avea aici o zi permanentă, sau, mai bine-zis, un permanent început de zi. Deşi căldura iradiată de razele Soarelui la această înălţime este neînsemnată, totuşi, pentru că încălzirea s-ar produce tot timpul anului fără întrerupere, clima aspră polară s-ar îndulci simţitor. Iată singurul avantaj de pe urma schimbării unghiului de înclinare al axei, avantaj necompensat însă în raport cu prejudiciile pe care le-ar suporta celelalte regiuni ale globului pămîntesc.

Dacă axa Pămîntului ar avea o înclinaţie de 45° faţă de planul orbitei

Să facem o nouă schimbare în imaginaţia noastră : să atribuim axei Pămîntului o înclinaţie egală cu o jumătate de unghi drept. În perioada echinocţiilor (în preajma lui 21 martie şi 23 septembrie), alternarea zilei şi a nopţii pe Pămînt ar avea loc ca şi acum. În iunie însă, Soarele ar trece la zenit la paralela 45° (nu la paralela $23^1/_2$°). Această latitudine ar avea rolul tropicelor. La latitudinea Leningradului (60°), Soarele s-ar afla la o depărtare de numai 15° de zenit ; înălţimea Soarelui ar fi într-adevăr ca la tropice ! Zona tropicală s-ar învecina direct cu zona polară, în timp ce zona temperată nu ar exista de loc.

La Moscova, la Harkov ar domni în toată luna iunie zi continuă, în timp ce iarna, dimpotrivă, zeci de zile la rînd ar fi noapte polară la Moscova, Kiev, Harkov, Poltava. Zona tropicală în acest timp s-ar transforma în zonă temperată, deoarece în aceste puncte Soarele la amiază nu ar depăşi un unghi de 45°.

Fireşte, zona tropicală ar pierde mult de pe urma acestei schimbări, ca de altfel şi cea temperată. În schimb regiunea polară şi de data aceasta ar cîştiga cîte ceva : după o iarnă extrem de aspră (mai aspră ca acum) ar veni o perioadă de vară cu o temperatură destul de ridicată, timp în care, chiar la pol, Soarele ar fi la amiază la o înălţime de 45° şi ar lumina mai mult ca o jumătate de an. Gheţarii veşnici ai Arcticii ar ceda în mare măsură în faţa acţiunii binefăcătoare a razelor Soarelui.

Dacă axa Pămîntului ar fi cuprinsă în planul orbitei

A treia experienţă în imaginaţia noastră este de a ne reprezenta axa Pămîntului în planul orbitei lui (fig. 16). Pămîntul va înconjura Soarele „culcat“, rotindu-se în jurul axei sale, astfel cum se roteşte îndepărtatul Uranus — şi el membru al familiei sistemului nostru. Care va fi rezultatul ?

În apropiere de poli, vreme de o jumătate de an ar fi zi continuă, în care timp Soarele s-ar ridica în spirală de la

orizont şi pînă la zenit, coborînd din nou spre orizont tot în spirală ; iar cealaltă jumătate de an ar fi noapte continuă. Între aceste două anotimpuri ar fi o perioadă de amurg permanent, care ar dura mai multe zile. Înainte de a apune la orizont, Soarele ar face, timp de cîteva zile, înconjurul bolţii cereşti, mergînd chiar pe linia orizontului. Într-o astfel de vară, gheţurile acumulate în tot timpul iernii trebuie să se topească în întregime.

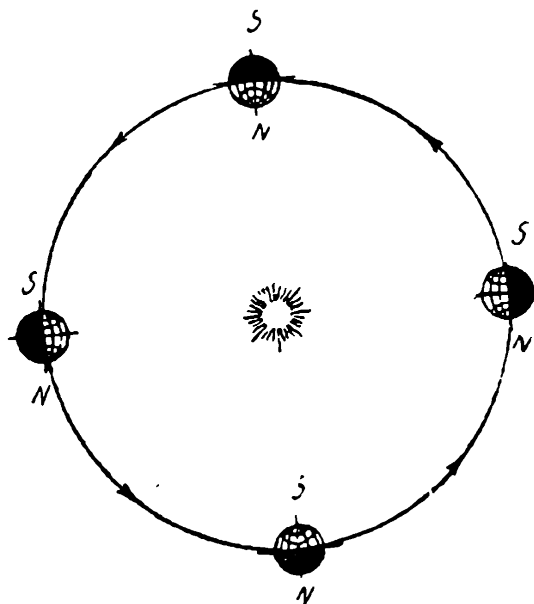


Fig. 16 Cum s-ar mişca globul pămîntesc în jurul Soarelui, dacă axa de rotaţie a Pămîntului s-ar găsi în planul orbitei sale.

În zonele de mijloc, o dată cu venirea primăverii, zilele ar începe să crească brusc, urmînd apoi o perioadă de zi continuă. Această zi continuă ar începe la un interval de aproximativ atîtea zile, la cîte grade distanţă s-ar afla locul respectiv faţă de pol, iar durata ei ar fi egală cu un număr de zile reprezentînd dublul latitudinii locului respectiv.

Pentru Leningrad, de pildă, ziua continuă ar începe după 30 de zile de la 21 martie şi ar dura 120 de zile. Cu 30 de zile înainte de 23 septembrie ar începe din nou nopţile. Iarna ar avea loc procesul invers ; perioada de zi continuă ar fi înlocuită cu o perioadă egală de noapte continuă. Numai la Ecuator ziua ar fi mereu egală cu noaptea.

Aşa cum am menţionat mai sus, axa planetei Uranus deţine aproximativ aceeaşi poziţie faţă de planul orbitei sale : înclinaţia axei acestei planete faţă de orbita pe care se mişcă în jurul Soarelui este egală doar cu 8°. Se poate spune că Uranus se învîrteşte în jurul Soarelui în poziţie „culcată".

După aceşti trei de „dacă", probabil că cititorul vede mai limpede legătura strînsă dintre condiţiile climaterice şi înclinaţia axei Pămîntului. Nu întîmplător cuvîntul „climat" în greceşte înseamnă „înclinare".

Să luăm acum o altă latură a mişcării planetei noastre — forma orbitei sale. Ca şi celelalte planete, Pămîntul se supune primei legi a lui Kepler : se mişcă pe o elipsă, într-unul din focarele căreia se află Soarele.

Dar ce fel de elipsă este cea pe care se mişcă globul pămîntesc ? Se deosebeşte oare mult de un cerc ?

În manualele şi cărţile de astronomie pentru începători, orbita Pămîntului este redată adeseori în perspectivă, sub

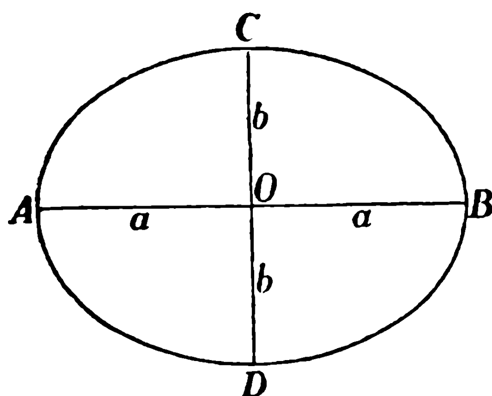


Fig. 17 Elipsa şi axele sale – axa mare (AB) şi axa mică (CD). Punctul O – centrul elipsei.

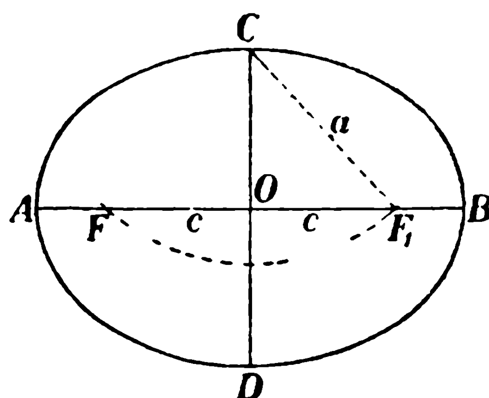


Fig. 18 Cum pot fi găsite focarele elipsei.

forma unei elipse destul de turtite. Această imagine vizuală, greşit înţeleasă, se întipăreşte la mulţi pentru toată viaţa : aceştia rămîn cu convingerea că orbita Pămîntului are o formă de elipsă vizibil turtită. Nu este aşa. Orbita Pămîntului se deosebeşte atît de puţin de un cerc, încît nici nu poate fi redată pe hîrtie altfel decît sub formă de cerc. Avînd un desen cu o orbită a cărei axă mare este de un metru, abaterea figurii de la forma de cerc ar fi mai mică decît grosimea liniei cu care este redată. O astfel de elipsă ar putea fi greu deosebită de un cerc chiar de ochiul expert al unui pictor.

Să ne iniţiem puţin în geometria unei elipse. În figura 17, dreapta AB reprezintă „axa mare" a elipsei, CD — „axa mică". Orice elipsă are, în afară de centrul O, două puncte caracteristice — „focarele" — plasate simetric pe axa mare, de ambele părţi ale centrului. Focarele se identifică în felul următor (fig. 18) : se ia cu compasul o distanţă egală cu

jumătatea axei mari (OB) şi, fixînd vîrful la capătul C al axei mici, se descrie un cerc care întretaie axa mare. Punctele de intersecţie F şi F′ sînt focarele elipsei. Distanţele OF şi OF′ (egale între ele) le însemnăm obişnuit cu litera c, iar axele — mare şi mică — cu 2a şi 2b. Distanţa „c", raportată la lungimea „a" a jumătăţii axei mari, adică fracţia c/a serveşte drept măsură de turtire a elipsei şi se numeşte „excentricitate". Cu cît o elipsă se deosebeşte mai mult de un cerc, cu atît e mai mare excentricitatea ei.

Ne vom forma o imagine exactă despre forma orbitei Pămîntului, dacă vom afla care este excentricitatea ei. Acest lucru poate fi stabilit fără a determina dimensiunile orbitei. Într-adevăr, Soarele, găsindu-se într-unul din focarele orbitei, dimensiunile sale ni se par diferite, din cauza distanţei inegale dintre punctele de pe orbită şi focar. Dimensiunile aparente ale Soarelui, cînd cresc, cînd se micşorează, şi desigur că raportul dimensiunilor corespunde exact cu raportul distanţelor dintre Pămînt şi Soare în momentele de observare. Admitem că Soarele se află în focarul F_1 al elipsei (fig. 18). Pămîntul se găseşte în punctul A al orbitei în jurul lui 1 iulie, cînd vedem discul Soarelui cu diametrul minim; mărimea lui unghiulară este de 31′28″. În punctul B, Pămîntul se află în jurul lui 1 ianuarie, şi atunci vedem discul Soarelui în mărimea lui unghiulară maximă: 32′32″. Să facem proporţia:

$$\frac{31'28''}{32'32''} = \frac{BF_1}{AF_1} = \frac{a-c}{a+c}$$

care se poate transforma în aşa-zisa proporţie echivalentă:

$$\frac{a-c-(a+c)}{a+c+(a-c)} = \frac{31'28''-32'32''}{32'32''+31'28''}$$

sau

$$\frac{64''}{64'} = \frac{c}{a}$$

Deci,

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{60} = 0{,}017$$

adică excentricitatea orbitei Pămîntului este egală cu 0,017. După cum vedeţi, este suficient să măsurăm cu atenţie discul vizibil al Soarelui, pentru a stabili forma orbitei Pămîntului.

Să demonstrăm acum că orbita Pămîntului se deosebeşte prea puţin de un cerc. Să ne închipuim că am schiţat-o într-un desen uriaş, astfel ca jumătatea axei mari a orbitei să fie egală cu un metru. Ce lungime va avea cealaltă axă — axa mică — a elipsei? În triunghiul dreptunghi OCF_1 (fig. 18) avem

$$c^2 = a^2 - b^2, \text{ sau } \frac{c^2}{a^2} = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Dar $\frac{c}{a}$ este excentricitatea orbitei Pămîntului, adică $\frac{1}{60}$. Expresia $a^2 - b^2$ o înlocuim cu $(a-b)(a+b)$, iar $(a+b)$ o înlocuim cu $2a$, deoarece b se deosebeşte prea puţin de a

$$\text{Avem } \frac{1}{60^2} = \frac{2a(a-b)}{a^2} = \frac{2(a-b)}{a}$$

prin urmare:

$$a - b = \frac{a}{2 \times 60^2} = \frac{1\,000}{7\,200}, \text{ adică mai puţin de } 1/7 \text{ mm.}$$

Am aflat că, pe un desen de proporţii atît de mari, diferenţa de lungime între jumătatea axei mari şi jumătatea axei mici nu depăşeşte 1/7 mm. O linie subţire, trasă cu creionul, are o grosime mai mare. Deci, în mod practic, nu facem nici o greşeală dacă desenăm orbita Pămîntului sub formă de cerc.

Unde trebuie să aşezăm Soarele pe un astfel de desen? Cît trebuie să-l deplasăm faţă de centru, pentru ca să se afle în focarul orbitei? Cu alte cuvinte, cu ce este egală distanţa OF sau OF_1 pe desenul nostru imaginar?

Calculul este simplu:

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{60}, \; c = \frac{a}{60} = \frac{100}{60} = 1{,}7 \text{ cm}$$

Pe desen, centrul Soarelui trebuie să se afle la o distanţă de 1,7 cm de centrul orbitei. Deoarece, însă, Soarele însuşi trebuie să aibă forma unui disc cu un diametru de 1 cm, numai ochiul experimentat al unui pictor ar putea să constate că el nu se găseşte în centrul cercului.

Din cele spuse, concluzia practică este că putem schiţa orbita Pămîntului în formă de cerc, plasînd Soarele ceva mai la o parte de centru.

Ar putea această neînsemnată asimetrie în poziţia Soarelui să influenţeze condiţiile climatice ale Pămîntului ? Spre a elucida problema, să efectuăm în imaginaţia noastră o nouă experienţă şi să recurgem la metoda „dacă“. Să admitem că excentricitatea orbitei Pămîntului a crescut la o mărime apreciabilă — de pildă la 0,5. Înseamnă că focarul elipsei împarte în două jumătatea axei sale ; o astfel de elipsă va avea un grad de turtire egal cu al unui ou de găină. Niciuna din orbitele principalelor planete din sistemul solar nu are o excentricitate atît de pronunţată ; orbita lui Pluton, cea mai turtită, are excentricitatea 0,25 (asteroizii şi cometele, însă, se mişcă pe elipse mult mai turtite).

Dacă orbita Pămîntului ar fi mai turtită

Să ne imaginăm că orbita Pămîntului este mai turtită şi că focarul împarte în două părţi jumătatea axei sale mari. În figura 19 se arată această nouă orbită. Cum am mai spus, Pămîntul se află la 1 ianuarie în punctul A, mai aproape de Soare, iar la 1 iulie în punctul B, mai departe de Soare. Dat fiind că FB este de trei ori mai mare ca FA, în ianuarie distanţa dintre Soare şi noi ar fi de trei ori mai mică ca în iulie. Diametrul din ianuarie al Soarelui ar fi de trei ori mai mare ca cel din iulie, iar cantitatea de căldură iradiată în ianuarie ar fi de 9 ori mai mare ca în iulie (invers proporţional cu pătratul distanţei). Ce s-ar alege atunci din iarna noastră nordică ? Soarele ar sta jos pe bolta cerească, zilele ar fi mai scurte, iar nopţile mai lungi. Frig nu ar fi însă, deoarece apropierea Soarelui ar compensa cu vîrf şi îndesat condiţiile nefavorabile de iluminare.

La aceasta se mai adaugă circumstanţele ce decurg din cea de-a doua lege a lui Kepler, care spune că suprafeţele descrise de raza vectoare în intervale de timp egale sînt egale între ele.

„Raza-vectoare“ a orbitei este linia dreaptă care uneşte Soarele cu o planetă, în cazul nostru cu Pămîntul. O dată cu deplasarea Pămîntului pe orbită se mişcă şi raza vectoare, descriind în acest timp o anumită suprafaţă : legea a doua a lui Kepler stabileşte că părţile din suprafaţa elipsei des-

crise în intervale de timp egale sînt egale între ele. În punctele apropiate de Soare, Pămîntul ar trebui să se mişte pe orbită mai repede decît în punctele mai îndepărtate : altfel, suprafaţa descrisă de o rază vectoare scurtă nu ar putea fi egală cu o suprafaţă formată de o rază vectoare mai lungă (fig. 20).

Aplicînd cele spuse la orbita imaginată de noi, conchidem că în perioada decembrie-februarie, cînd Pămîntul se află

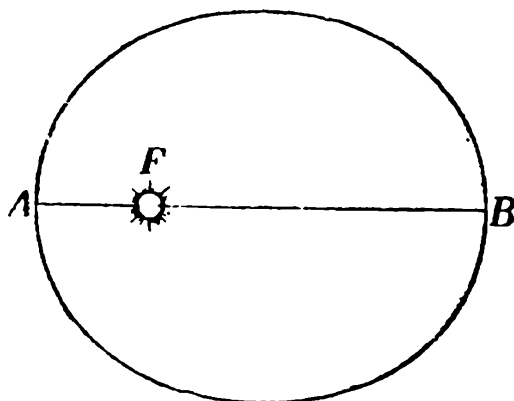


Fig. 19 Forma pe care ar avea-o orbita Pămîntului dacă excentricitatea ei ar fi egală cu 0,5. În focarul F se află Soarele.

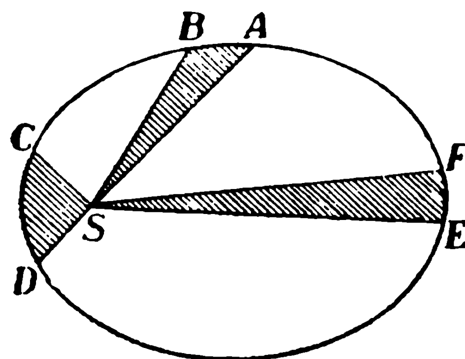


Fig. 20 Ilustrarea grafică a celei de a doua legi a lui Kepler : arcurile AB, CD şi EF sînt parcurse de planetă în intervale de timpi egale – suprafeţele haşurate sînt egale între ele.

cu mult mai aproape de Soare, ar trebui să se mişte pe orbita sa mult mai repede ca în iunie-august. Cu alte cuvinte, iarna ar trebui să treacă repede în nord, iar vara — dimpotrivă — ar trebui să dureze mult, de parcă ar compensa prin asta căldura iradiată cu zgîrcenie de Soare.

În figura 21 se dă o imagine ceva mai exactă a duratei anotimpurilor anului în condiţiile imaginate de noi. Elipsa reprezintă forma nouă a orbitei Pămîntului (cu excentricitatea de 0,5). Cifrele de la 1—12 împart calea Pămîntului în părţi, pe care acesta le parcurge în intervale de timp egale ; după legea lui Kepler, părţile elipsei determinate de razele vectoare schiţate aici au suprafeţe egale. În punctul 1, Pămîntul se află la 1 ianuarie ; în punctul 2 — la 1 februarie ; în punctul 3 — la 1 martie etc. Din schiţă se vede că echinocţiul de primăvară (A) ar trebui să înceapă pe o astfel de orbită din primele zile ale lui februarie, iar cel de toamnă (B) — la sfîrşit de noiembrie. Deci, toamna

şi iarna ar dura în emisfera nordică numai două luni şi ceva — de la sfîrşitul lui noiembrie pînă la începutul lui februarie. În schimb, perioada zilelor lungi şi a Soarelui de amiază la mare înălţime ar dura în ţările emisferei de nord de la echinocţiul de primăvară pînă la echinocţiul de toamnă, înglobînd peste $9^1/_2$ luni.

În emisfera sudică a Pămîntului ar avea loc procesul invers. Zilele scurte, în care Soarele se află în partea de jos

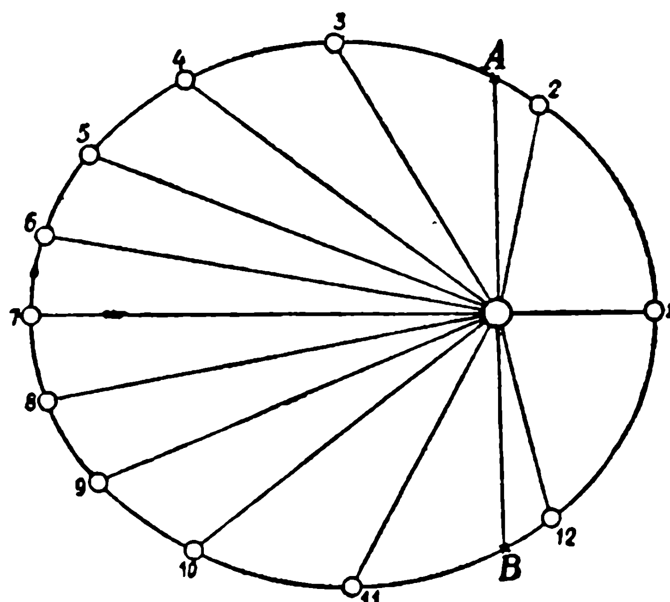


Fig. 21 Cum s-ar mişca Pămîntul în jurul Soarelui de-a lungul unei elipse foarte turtită. Distanţele dintre punctele învecinate, marcate cu cifre, sînt parcurse de planetă în intervale de timp egale în decurs de o lună.

a bolţii cereşti, ar coincide cu îndepărtarea de Soare şi cu reducerea de nouă ori a căldurii iradiate de acesta ; zilele lungi, cînd Soarele stă sus pe bolta cerească, ar coincide cu intensificarea de 9 ori a radiaţiei solare. Iarna ar fi mult mai aspră ca în Nord şi ar dura timp mai îndelungat. În schimb vara ar fi extrem de călduroasă, dar scurtă.

Vom menţiona încă o consecinţă a lui „dacă“ în acest caz. În ianuarie mişcarea rapidă a Pămîntului pe orbită ar crea o diferenţă mare între ora amiezii mijlocii şi ora amiezii reale, diferenţă care s-ar urca la intervale de ore. Ar fi incomod să trăieşti după ora mijlocie solară în aceste condiţiuni.

Am văzut cum poate să se răsfrîngă asupra noastră poziţia excentrică a Soarelui în orbita Pămîntului, în primul rînd prin faptul că iarna în emisfera nordică trebuie să fie mai scurtă şi mai dulce, iar vara — mai lungă ca în emisfera sudică. Se observă acest lucru în realitate ? Bineînţeles. În ianuarie Pămîntul este mai aproape de Soare ca în iulie cu $2 \times \frac{1}{60}$, adică cu $\frac{1}{30}$; cantitatea de căldură primită de la Soare creşte pentru acest motiv de $\left(\frac{61}{59}\right)^2$ ori, adică cu 6%. Aceasta îndulceşte într-o oarecare măsură asprimea iernilor din Nord. Pe de altă parte, perioada de toamnă şi iarnă în emisfera nordică, luate laolaltă, este cu circa 8 zile mai scurtă decît în emisfera sudică ; vara şi primăvara în Nord sînt cu tot atîtea zile mai lungi ca în Sud. Este posibil ca îngheţul pe o suprafaţă mai întinsă la Polul Sud să se explice prin asta. Dăm mai jos durata exactă a anotimpurilor anului pentru emisfera de nord şi emisfera de sud.

Emisfera nordică	Durata	Emisfera sudică
Primăvara	92 zile 19 ore	Toamna
Vara	93 „ 15 „	Iarna
Toamna	89 „ 19 „	Primăvara
Iarna	89 „ 0 „	Vara

Vedeţi că vara în emisfera nordică este mai lungă decît iarnă (cu 4,6 zile), iar primăvara în Nord este mai lungă decît toamna cu 3 zile.

Acest avantaj de care se bucură emisfera nordică nu va dura o veşnicie. Axa mare a orbitei Pămîntului se deplasează încet în spaţiu ; o dată cu ea mută din locul lor punctele mai îndepărtate sau mai apropiate de Soare ale orbitei Pămîntului. Ciclul complet al acestor mişcări se încheie în cca 26 000 de ani. S-a calculat că, în jurul anului 10 700 al erei noastre, avantajul pomenit mai sus al emisferei nordice a Pămîntului va trece de partea emisferei sudice.

Nici chiar excentricitatea orbitei Pămîntului nu rămîne neschimbată : mărimea ei este supusă în decursul veacurilor la

ușoare oscilații seculare, variind aproximativ de la zero (0,003), cînd orbita Pămîntului se transformă aproape într-un cerc, pînă la 0,07, cînd excentricitatea ei crește la maximum și se apropie ca formă de orbita planetei Marte. În prezent excentricitatea ei se află într-un stadiu de declin ; ea se va micșora timp de încă 24 000 de ani, cînd va atinge coeficientul 0,003, după care va începe să crească pe o perioadă de 40 000 de ani. Firește că schimbări atît de încete nu au pentru noi decît o importanță teoretică.

Cînd sîntem mai aproape de Soare: la amiază sau seara ?

Dacă Pămîntul s-ar mișca pe o orbită riguros circulară, în centrul căreia s-ar afla Soarele, răspunsul la întrebarea formulată în subtitlul de mai sus ar fi foarte simplu : sîntem mai aproape de Soare la amiază, cînd punctele respective de pe suprafața Pămîntului, în urma rotației în jurul axei

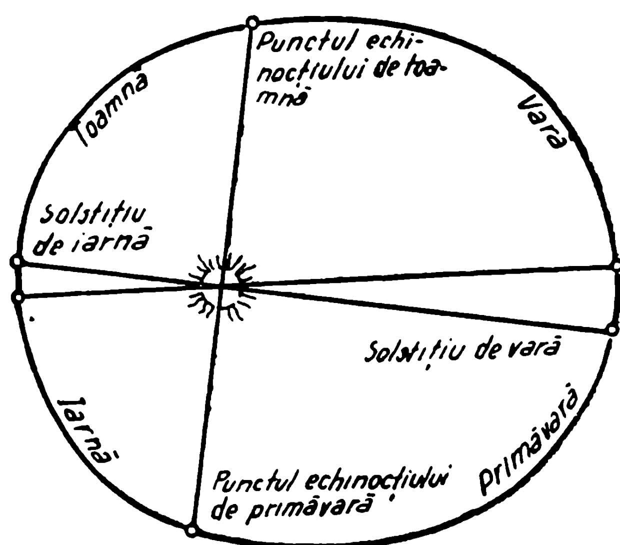


Fig. 22 Prezentarea schematică a drumului parcurs de Pămînt în jurul Soarelui.

sale, se află în fața Soarelui. Valoarea cea mai mare a acestei apropieri față de Soare pentru punctele de pe Ecuator ar fi de 6 400 km (lungimea razei Pămîntului).

Orbita Pămîntului, însă, este o elipsă, iar Soarele se află în focarul ei (fig. 22). Din această cauză Pămîntul se află

cînd mai aproape de Soare, cînd mai departe de el. Timp de o jumătate de an (de la 1 ianuarie pînă la 1 iulie), Pămîntul se îndepărtează de Soare, iar în timpul celeilalte jumătăţi de an se apropie de Soare. Diferenţa între distanţa cea mai mică şi distanţa cea mai mare atinge $2 \times \frac{1}{60} \times$ 150 000 000, adică 5 000 000 km.

Această variaţie de distanţă constituie în medie 28 000 km pe zi. De aceea, în intervalul de la amiază şi pînă la apusul Soarelui (un sfert din 24 ore), distanţa dintre punctele de pe suprafaţa Pămîntului şi Soare se schimbă în medie cu 7 500 km, ceea ce înseamnă că depăşeşte în mărime schimbarea aceleiaşi distanţe, cauzată de rotaţia Pămîntului în jurul axei sale.

Prin urmare, la întrebarea pusă în subtitlul acestui capitol, vom răspunde astfel : în perioada din ianuarie şi pînă în iulie sîntem mai aproape de Soare în timpul amiezii decît seara, iar din iulie şi pînă în ianuarie — invers.

Mai departe cu un metru

Problemă

Pămîntul se roteşte în jurul Soarelui la o distanţă de 150 000 000 km. Presupuneţi că această distanţă a crescut cu un metru. Cu cît s-ar mări lungimea drumului parcurs de pămînt în jurul Soarelui şi cu cît ar creşte din această cauză durata unui an (considerînd că viteza de mişcare a Pămîntului de-a lungul orbitei sale rămîne neschimbată — fig. 23) ?

Răspuns

Un metru nu reprezintă în sine o lungime mare ; totuşi, gîndindu-ne la lungimea uriaşă a orbitei Pămîntului, înclinăm

să credem că din acest adaos neînsemnat ar trebui să rezulte o creştere considerabilă a lungimii orbitei, precum şi a duratei unui an.

Cu toate acestea, făcînd calculul, obţinem un rezultat atît de neînsemnat, încît sîntem gata să bănuim că s-a strecurat o greşeală. Totuşi nu trebuie să ne mire faptul că diferenţa este atît de neînsemnată. Diferenţa de lungime dintre două cercuri concentrice nu depinde de lungimea razelor acestor cercuri, ci numai de *diferenţa* acestor raze. Această diferenţă luată la două cercuri desenate pe duşumeaua unei camere este egală cu diferenţa unor cercuri de dimensiuni

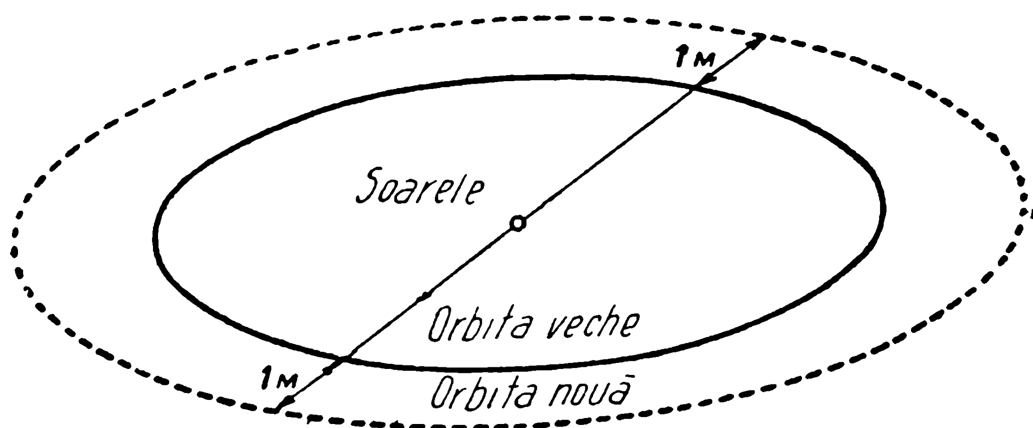


Fig. 23 Cu cît creşte în lungime orbita Pămîntului, dacă planeta noastră s-ar distanţa cu un metru de Soare ? (Răspunsul la problemă în text.)

cosmice, dacă diferenţa între raze este egală în ambele cazuri cu un metru. Ne convingem de acest lucru făcînd calculul respectiv. Dacă raza orbitei Pămîntului este egală cu R, lungimea orbitei este egală cu $2 \pi R$. Prelungind raza cu un metru, noua lungime a orbitei va fi de $2 \pi (R + 1) = 2 \pi R + 2 \pi$. Diferenţa adăugată la lungimea orbitei reprezintă, după cum vedem, numai 2π, adică 6,24 m, şi nu depinde de lungimea razei.

Deci drumul parcurs de globul pămîntesc în jurul Soarelui s-ar mări numai cu 6,24 m, în cazul că distanţa dintre Pămînt şi Soare ar creşte cu un metru. Durata anului aproape

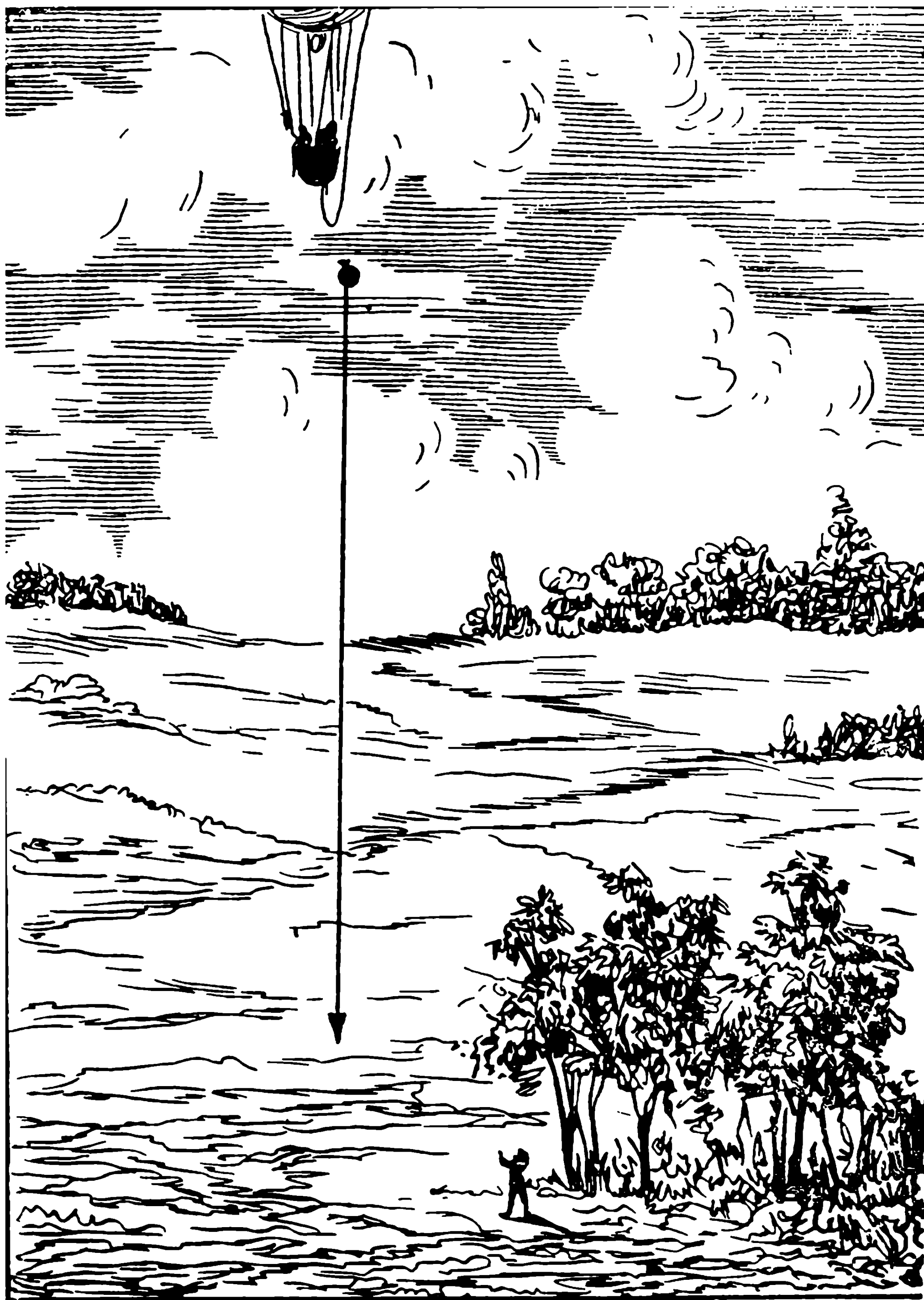


Fig. 24 Pentru un observator terestru drumul parcurs de un corp în cădere liberă reprezintă o linie dreaptă.

că nu s-ar schimba de pe urma acestei diferențe, dat fiind că Pămîntul parcurge pe orbita sa 30 000 m pe secundă : anul s-ar prelungi cu a 5 000-a parte dintr-o secundă, ceea ce constituie o mărime cu totul neînsemnată.

Din mai multe puncte de vedere

Scăpînd din mînă un obiect, îl vedeți căzînd vertical și vi s-ar părea curios ca altcineva să vadă linia de cădere a obiectului altfel decît dreaptă. Cu toate acestea, pentru oricare alt observator, care nu ia parte împreună cu noi la mișcarea globului pămîntesc, linia de cădere a obiectului nu va apare ca linie dreaptă.

Să încercăm să ne transpunem în locul unui astfel de observator și să privim cu ochii lui căderea unui corp. Figura 24 reprezintă căderea liberă a unei bile grele de la o înălțime de 500 m. În timpul căderii, ea participă, firește, la toate mișcările globului pămîntesc. Aceste mișcări relative și în același timp mult mai rapide ale corpului în cădere nu le observăm, pentru simplul motiv că și noi participăm la ele. Dacă nu am participa la una din mișcările planetei noastre, linia de cădere a corpului respectiv nu ne-ar apărea verticală, ci cu totul altfel.

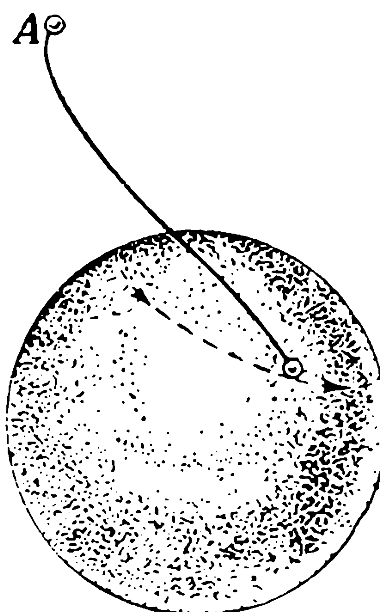


Fig. 25. Pentru un observator de pe Lună, același drum reprezintă o linie curbă.

Să ne închipuim că nu observăm căderea corpului de pe suprafața Pămîntului, ci de pe Lună. Luna însoțește Pămîntul în mișcarea lui în jurul Soarelui, dar nu ia parte la mișcarea Pămîntului în jurul axei sale. De aceea, observînd căderea corpului de pe Lună, l-am vedea efectuînd două mișcări diferite : prima — vertical în jos, și a doua mișcare, neobservată pînă acum, pe o linie tangențială cu suprafața

Pămîntului, spre răsărit. Desigur că ambele mişcări se adună după legile mecanicii, şi pentru că una din ele (căderea) nu este uniformă, iar cealaltă este uniformă, mişcarea rezultată de aici se va face pe o linie curbă. Figura 25 înfăţişează această curbă ; ea reprezintă linia pe care ar vedea-o un observator atent, aflat pe Lună.

Să facem încă un pas : să presupunem că ne găsim pe Soare şi avem cu noi un telescop foarte puternic, pentru a urmări căderea unui glob greu pe Pămînt. Găsindu-ne pe Soare nu numai că nu participăm la mişcarea de rotaţie a Pămîntului, dar nu participăm nici la mişcarea de revoluţie

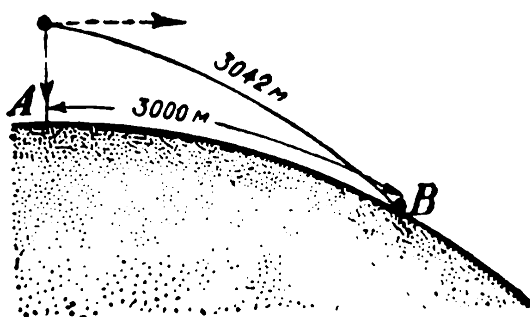


Fig. 26 Un corp în cădere liberă pe Pămînt se mişcă totodată şi în direcţia tangentei la linia curbă descrisă de punctele de pe suprafaţa Pămîntului, ca o consecinţă a mişcării lui de rotaţie.

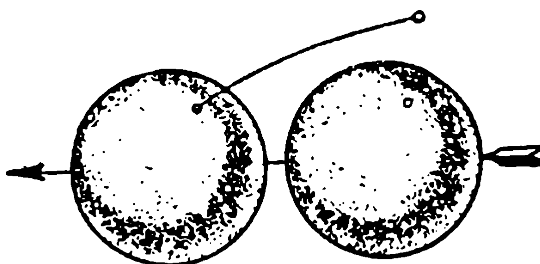


Fig. 27 Ce ar vedea un observator care urmăreşte de pe Soare căderea liberă a unui corp pe Pămînt arătată în fig. 24 (scara de proporţii nu se respectă).

a lui. Prin urmare, de pe Soare putem observa trei mişcări concomitente, pe care le efectuează corpul în căderea sa (fig. 26).

1. Căderea pe linia verticală spre suprafaţa Pămîntului.
2. Mişcarea pe linie tangenţială cu suprafaţa Pămîntului.
3. Mişcarea în jurul Soarelui.

Prima deplasare este egală cu 0,5 km. A doua — în 10 secunde cît durează căderea corpului — este egală la latitudinea Moscovei cu $0{,}3 \times 10 = 3$ km. A treia mişcare — cea mai rapidă — 30 km pe secundă. În 10 secunde de cădere a corpului, acesta va înainta pe orbita Pămîntului 300 km. În raport cu această din urmă mişcare, atît de în-

semnată, primele două mişcări — 0,5 km în jos şi 3 km lateral — aproape că nu se vor observa ; privind de pe Soare nu vom observa decît mişcarea cea mai importantă. Ce vom vedea prin urmare ? Cu aproximaţie, ceea ce reprezintă figura 27 (neţinînd seama de proporţii). Pămîntul va înainta spre stînga, iar corpul în cădere va trece din punctul deţinut pe Pămînt în poziţia din dreapta, într-un punct corespunzător pe Pămînt (doar ceva mai jos) în poziţia din stînga. Repetăm că desenul nu respectă scara de proporţii ; centrul Pămîntului în interval de 10 secunde nu se va deplasa cu 14 000 km, cum a prezentat, spre a demonstra, desenatorul, ci numai cu 300 km.

Ne rămîne să mai facem încă un pas : să ne postăm pe o stea oarecare, adică pe un soare mai îndepărtat, eliberîndu-ne de mişcarea pe care o facem o dată cu Soarele. De acolo vom observa că, pe lîngă cele trei mişcări analizate de noi mai sus, corpul în cădere mai face şi o a patra mişcare — faţă de steaua pe care ne aflăm. Viteza şi direcţia celei de-a patra mişcări depind de steaua pe care ne-am postat, adică de felul mişcării întregului sistem solar faţă de steaua respectivă.

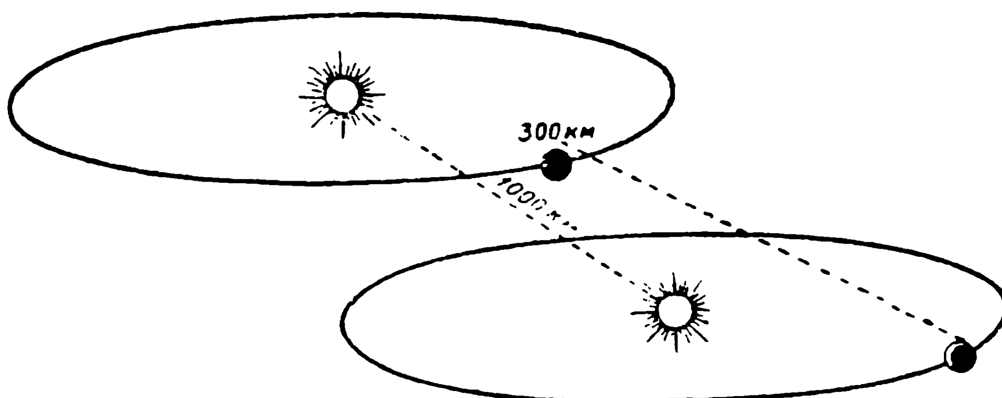


Fig 28 Cum ar apărea căderea liberă a unui corp pe Pămînt, observată de pe o stea îndepărtată.

Figura 28 reprezintă unul din cazurile posibile, cînd sistemul solar s-ar mişca, în raport cu steaua pe care ne-am propus-o, în unghi ascuţit faţă de orbita Pămîntului, cu o

viteză de 100 km pe secundă (asemenea viteză se constată la stele). Această mişcare în timp de 10 secunde va deplasa corpul în cădere cu 1 000 km în direcţia respectivă şi, desigur, va complica mai mult drumul parcurs de el. Observate de pe o altă stea, distanţa şi direcţia aceluiaşi drum ar fi altele.

S-ar putea merge şi mai departe : să ne punem întrebarea cum ar apărea drumul parcurs de un corp în cădere spre Pămînt, pentru cineva care s-ar afla în afara Căii Laptelui şi nu ar participa la mişcarea uluitoare în care se încadrează sistemul nostru cosmic faţă de alte sisteme siderale din Univers. Nu este însă nevoie să mergem aşa departe. Cititorului îi este clar că, din fiecare punct nou de vedere, drumul parcurs de unul şi acelaşi corp în cădere va apărea cu totul altfel.

Unitate de timp nepămînteană

Aţi lucrat o oră şi tot o oră v-aţi odihnit. Sînt oare egale aceste două intervale de timp ? Bineînţeles că sînt egale, dacă sînt măsurate cu ajutorul unui ceasornic bine verificat — ne vor răspunde cei mai mulţi dintre cititori. Dar care ceasornic trebuie să-l socotim exact ? Fireşte, cel ce este verificat de datele astronomice ; cu alte cuvinte, cel ce concordă cu mişcarea globului pămîntesc, mişcare ideal uniformă ; el se roteşte în unghiuri egale, în intervale strict egale de timp.

Dar, în definitiv, de unde ştim că globul pămîntesc se roteşte uniform ? Pentru care motiv sîntem convinşi că două rotaţii consecutive, efectuate de planeta noastră în jurul axei sale, se petrec în intervale de timp egale ? Acest lucru nu poate fi controlat atîta timp cît mişcarea de rotaţie a Pămîntului serveşte drept unitate de măsură a timpului.

În ultima vreme astronomii au găsit de cuviinţă ca, în anumite scopuri, să înlocuiască acest fel de mişcare uniformă, înrădăcinat din timpuri străvechi, cu un altul. Vom expune motivele şi urmările acestei înlocuiri.

Studierea minuţioasă a mişcării corpurilor cereşti a scos în evidenţă faptul că în unele cazuri aceste mişcări diferă de cele prevăzute teoretic, iar abaterile nu pot fi explicate prin legile mecanicii cereşti. Astfel de abateri, aparent fără cauză, au fost constatate pentru Lună, pentru primul şi cel de-al doilea satelit al lui Jupiter, pentru planeta Mercur şi chiar pentru mişcarea anuală vizibilă a Soarelui şi mişcarea propriei noastre planete pe orbita ei. De pildă, Luna se mişcă pe o traiectorie care, în unele epoci, se abate de la orbita teoretică cu aproape 10 secunde de arc, iar Soarele deviază cu aproape o secundă de arc. Analiza acestor neregularităţi a dus la stabilirea unei trăsături comune a lor; toate mişcările într-o anumită perioadă de timp s-au făcut accelerat, ca în perioada următoare să sufere, totuşi, toate laolaltă, o încetinire. Fireşte, se pune problema unei cauze comune, care provoacă aceste devieri.

Nu stă oare această cauză comună în „inexactitatea" ceasornicului nostru natural, în alegerea nepotrivită a rotaţiei Pămîntului, drept model de mişcare uniformă?

S-a pus chestiunea înlocuirii ceasornicului pămîntean. „Ceasul pămîntean" a fost pentru un timp înlăturat şi mişcările în studiu au fost măsurate cu un alt ceasornic natural, bazat fie pe mişcările vreunui satelit al lui Jupiter, fie pe mişcările Lunei sau ale lui Mercur. S-a constatat că astfel de schimbări aduc cu sine deîndată o exactitate satisfăcătoare în mişcarea corpurilor cereşti amintite. În schimb, mişcarea de rotaţie a Pămîntului, măsurată după noul ceasornic, apare inegală; ba se încetineşte la un moment dat pe o perioadă de cîţiva zeci de ani, ba se accelerează în următorii cîţiva zeci de ani, ca apoi să înceapă din nou să se încetinească.

În anul 1897, ziua (24 ore) era mai mare cu 0,0035 sec decît în anii precedenţi, iar în anul 1918 ziua a fost mai mică cu aceeaşi mărime ca în perioada dintre 1897—1918. În prezent ziua (24 ore) este mai mare cu 0,002 sec decît acum 100 de ani.

În acest sens putem spune că planeta noastră nu se roteşte uniform în raport cu alte mişcări ale ei, precum şi în

raport cu mişcările care au loc în sistemul nostru solar, considerate în mod convenţional drept mişcări uniforme. Proporţia devierii Pămîntului de la mişcarea strict uniformă (în sensul arătat) este minoră ; în decursul unui secol, între anii 1680 şi 1780, Pămîntul s-a mişcat cu încetinire, zilele (24 ore) deveneau mai lungi, iar planeta noastră a acumulat circa 30 de secunde diferenţă între *„ora sa"* şi *„ora străină"* ; apoi, pînă la mijlocul secolului al XIX-lea, zilele pierdeau din durata lor, şi din diferenţă s-au redus aproximativ

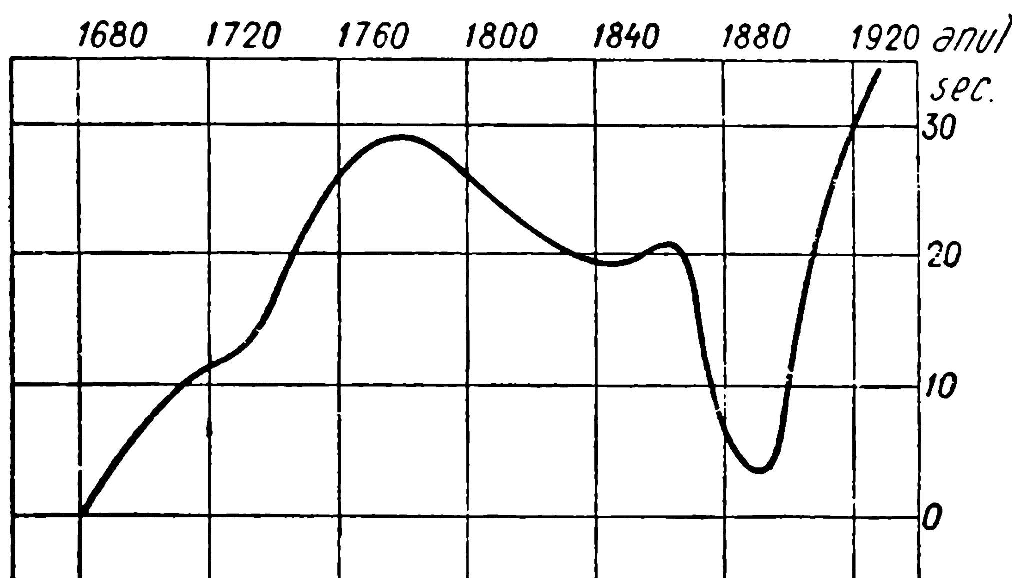


Fig. 29 Curba aceasta ne arată în ce fel a variat rotaţia Pămîntului faţă de mişcarea uniformă de rotaţie - din anul 1680 pînă în 1920. Dacă Pămîntul s-ar învîrti uniform, pe grafic, ar fi redată o linie orizontală. Ramurile ascendente ale curbei corespund prelungirii zilelor, adică încetinirii mişcării de rotaţie a pămîntului : ramurile descendente corespund accelerării mişcării de rotaţie.

10 secunde ; către începutul secolului nostru s-au mai redus 20 de secunde ; în primul sfert al veacului nostru, mişcarea Pămîntului s-a încetinit din nou, zilele au început iarăşi să crească în durată şi s-a acumulat din nou cam o jumătate de minut (fig. 29).

Diversele cauze ale acestor schimbări pot fi : fluxurile provocate de Lună, schimbarea diametrului globului pămîn-

tesc[1] etc. În această problemă sînt posibile eventuale descoperiri în viitor, cînd acest fenomen va fi deplin elucidat.

Unde încep lunile şi anii ?

La Moscova a bătut ora 12 — a sosit 1 ianuarie. La vest de Moscova mai este încă 31 decembrie, iar spre est — 1 ianuarie. Pe suprafaţa rotundă a globului pămîntesc, însă, Răsăritul cu Apusul trebuie să se întîlnească în mod inevitabil ; deci trebuie să existe undeva şi linia de delimitare între data de 1 şi 31, între ianuarie şi decembrie, între anul care s-a încheiat şi cel care a sosit.

Această linie există şi se numeşte „linia de schimbare a datei" ; ea trece prin strîmtoarea Behring şi se prelungeşte de-a lungul apelor Oceanului Pacific, aproximativ pe lîngă meridianul 180°. Poziţia ei exactă este stabilită printr-o convenţie internaţională.

Pe această linie imaginară, care taie spaţiile pustii ale Oceanului Pacific, are loc prima schimbare a datelor, a lunilor, a anilor. S-ar părea că aici este uşa de intrare a calendarului nostru ; de aici vin pe Pămînt noile zile ale lunii şi tot aici se află leagănul noului an. Aici, înaintea oricărui loc de pe Pămînt, soseşte fiecare zi nouă a lunii ; născîndu-se o ia la goană spre vest, înconjoară în fugă tot globul, pentru a se întoarce la locul naşterii sale.

U.R.S.S., înaintea oricărei ţări din lume, primeşte pe teritoriul ei noua zi a lunii ; la capul Dejnev, fiecare dată a lunii, abia născută în apele strîmtorii Behring, păşeşte într-o regiune populată, ca să-şi înceapă peregrinarea prin toate părţile lumii. Tot aici, la extremitatea estică a Asiei sovietice, zilele se sfîrşesc, îndeplinindu-şi slujba lor de 24 ore.

---

[1] Schimbarea dimensiunii diametrului Pămîntului poate fi pusă în evidenţă prin măsurători directe, deoarece această mărime este cunoscută cu o exactitate pînă la 100 de metri ; cu toate acestea, sporirea sau scurtarea diametrului Pămîntului numai cu cîţiva metri ar fi de-ajuns pentru a cauza schimbările în durata unei zile, despre care s-a vorbit mai sus (n. a.).

Astfel, schimbul zilelor are loc la linia de schimbare a datei. Primii călători în jurul lumii, care nu au ţinut seama de această linie, s-au încurcat în calculul zilelor. Iată ce povestea Antonio Pigafetta, însoţitorul lui Magellan în călătoria în jurul lumii :

„19 iulie, *miercuri*, am văzut insulele Capul Verde şi am ancorat. Pentru a şti dacă am ţinut corect la zi jurnalul de bord, am dat ordin să se întrebe la ţărm ce zi din săptămînă este astăzi. Ni s-a răspuns că e joi. Ne-a surprins, căci după jurnalele noastre era doar *miercuri*. Ni s-a părut imposibil să ne fi înşelat toţi cu o zi..."

„Ulterior am aflat că în calculul nostru nu era nici cea mai mică greşeală : plutind mereu spre vest, am ţinut pas cu Soarele şi, revenind în acelaşi punct, era normal să cîştigăm o zi în comparaţie cu cei rămaşi pe loc. Trebuie să judeci puţin, ca să fii de acord cu acest lucru."

Cum procedează astăzi navigatorii cînd traversează linia datei ? Pentru a nu încurca evidenţa zilelor, marinarii lasă să treacă o zi în plus din calendar dacă merg de la est la vest ; cînd traversează linia datei dinspre vest către est, trec la socoteală una şi aceeaşi zi de două ori, adică, după data de 1 socotesc tot 1 ale lunii. Iată pentru care motiv nu este verosimilă povestea lui Jules Verne din romanul său „Înconjurul lumii în 80 de zile", unde călătorul care face înconjurul lumii „aduce" cu sine, la sosirea în patrie, duminica, deşi acolo mai era încă ziua precedentă — sîmbăta. Acest lucru a putut avea loc doar pe timpul lui Magellan, cînd nu exista încă o convenţie cu privire la „linia datei". Tot atît de imposibile sînt şi aventurile în genul celor povestite de Edgar Poë în descrierea hazlie „Trei duminici într-o săptămînă" : un marinar care a făcut înconjurul Pămîntului de la est la vest, se întîlneşte în patrie cu un alt marinar, care a făcut înconjurul lumii în direcţie opusă celui dintîi. Unul dintre marinari susţinea că duminica fusese ieri, celălalt că va fi mîine, iar un prieten de-al lor, care nu fusese plecat nicăieri, susţinea că azi e duminică.

Într-o călătorie în jurul lumii, spre a nu încurca zilele calendarului, trebuie să te opreşti puţin în calculul zilelor — cînd mergi spre răsărit — lăsînd Soarele să te ajungă din urmă, adică să socoteşti una şi aceeaşi zi *de două ori ;* cînd mergi însă spre apus, trebuie dimpotrivă să *scapi* o zi, pentru a nu rămîne în urma Soarelui.

Toate acestea par a fi lucruri foarte simple. Cu toate acestea, chiar în timpurile noastre, după patru şute de ani de la Magellan, foarte mulţi nu ştiu cum să se descurce în ele.

Cîte vineri sînt în februarie ?

Problemă

Care este numărul maxim şi minim de vineri din luna februarie ?

Răspuns

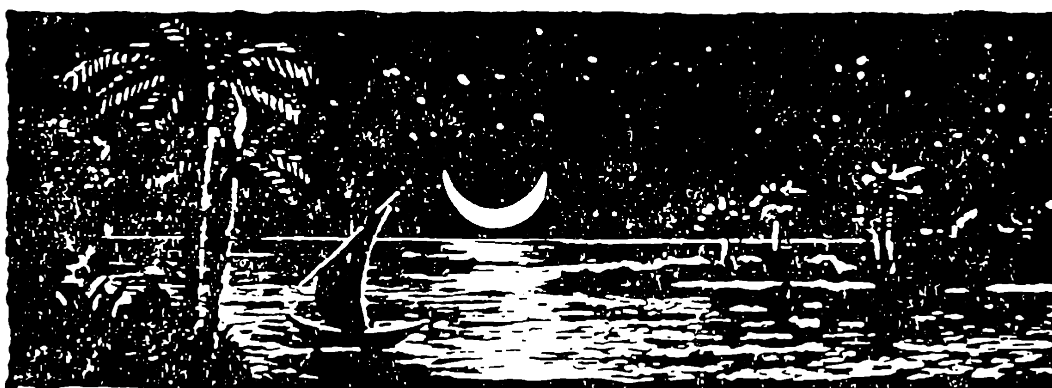
De obicei se răspunde că cele mai multe vineri în luna februarie pot atinge cifra 5, iar cele mai puţine — cifra 4. Este adevărat că, dacă 1 februarie cade într-un an bisect într-o vineri, data de 29 februarie va cădea tot într-o vineri — deci numărul vinerilor în acest caz va atinge cifra 5.

Totuşi este posibil ca numărul vinerilor dintr-o singură lună februarie să fie de două ori mai mare decît cel amintit mai sus. Imaginaţi-vă un vas care face curse între ţărmul de est al Siberiei şi Alaska ; el părăseşte cu regularitate ţărmul asiatic în fiecare vineri. Cîte vineri va număra căpitanul acestui vas în luna februarie a unui an bisect, dacă prima zi a lunii cade tot într-o vineri ? Dat fiind că el traversează linia datei dinspre vest către est, va avea în fiecare săptămînă două vineri consecutive, astfel că numărul vinerilor în acea lună va atinge cifra 10. Şi, dimpotrivă, acelaşi căpitan, dacă părăseşte ţărmul peninsulei Alaska în fiecare

joi, pentru a merge spre țărmul Siberiei, va lăsa să-i scape din calculul zilelor chiar ziua de vineri ; în întreaga lună nu va avea nici o vineri.

Prin urmare, iată răspunsul exact al problemei : numărul maxim posibil de vineri în luna februarie este 10, iar numărul minim — zero.





CAPITOLUL II

LUNA ȘI MIȘCĂRILE EI

Lună nouă și Lună în descreștere

Nu orice om care vede pe cer discul înjumătățit al Lunei poate să precizeze dacă Luna este nouă sau este în descreștere. Luna nouă în formă de seceră nu se deosebește de Luna în descreștere, decît prin aceea că Luna nouă are convexitatea pe o parte, iar Luna în descreștere pe partea cealaltă. În emisfera nordică, convexitatea Lunei noi este spre dreapta, iar a Lunei în descreștere — spre stînga. Cum se poate ști cu precizie încotro se uită Luna în fiecare din cele două situații sus-amintite?

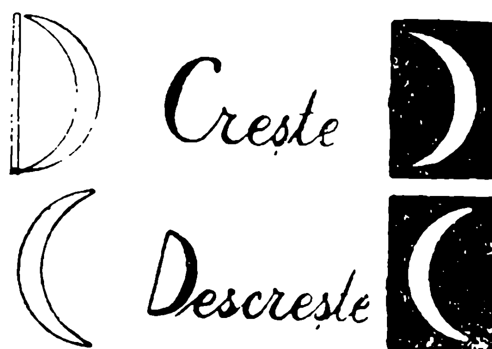


Fig. 30 Metodă simplă de a deosebi Luna nouă (în creștere) de Luna veche (în descreștere).

Îmi voi permite să propun următorul indiciu :

Putem stabili că Luna este în *creștere* (adică nouă) dacă putem forma cu ajutorul ei litera D, iar dacă Luna aduce cu litera C, înseamnă că este în *descreștere.*

Un indiciu de natură mnemotehnică au francezii. Ei sugerează ca cele două capete ale semilunei să fie unite cu o

dreaptă prelungită, astfel ca să rezulte cele două litere latine „p“ sau „d“. Litera „d“ — cu care începe cuvîntul „dernier“ (ultimul) — indică ultimul pătrar, adică Luna în descreştere. Litera „p“ — cu care începe cuvîntul „premier“ (primul) — arată că Luna este în primul pătrar, ceea ce înseamnă Lună nouă. Germanii au şi ei o regulă, care face o asociaţie între forma Lunei şi anumite litere [1].

Aceste reguli sînt valabile numai pentru emisfera nordică a Pămîntului. Pentru Australia sau Transvaal, sensul acestor indicii este exact invers. Chiar şi în emisfera nordică, la latitudinile sudice ele pot fi nepracticabile. Începînd cu Crimeea şi Caucaz semidiscul Lunei suferă o puternică înclinaţie într-o parte, iar mai spre sud ia direct o poziţie culcată. În apropiere de Ecuator Luna pare a fi cînd o gondolă ce se leagănă pe valuri („barca Lunei“ din legendele arabe), cînd un arc luminos. Aici nu foloseşte nici indiciul rusesc, nici cel franţuzesc. Din fracţiunea de arc culcată poţi forma ambele perechi de litere : „D“, „C“, „p“ şi „d“. Nu degeaba în Roma antică Luna înclinată era socotită „amăgitoare“ (Luna fallax). Ca să nu ne înşelăm în ceea ce priveşte vîrsta Lunei în acest caz, trebuie să recurgem la indicaţii astronomice : Luna nouă se poate vedea seara în partea de vest a bolţii cereşti, în timp ce Luna în descreştere poate fi văzută dimineţile în partea de răsărit.

Luna ca simbol de steag

Problemă

În figura 31 se observă steagul Turciei (de odinioară). Pe el sînt înfăţişate semiluna şi o stea. Aceasta ne dă prilej să ne punem următoarele întrebări :

1. În ce fază este înfăţişată Luna pe steag — Luna nouă sau în descreştere ?

---

[1] Poporul romîn are şi el o metodă mnemotehnică pentru a afla dacă luna este în creştere sau în descreştere, bazată pe premiza că... luna minte : dacă este în formă de C, luna *descreşte*, iar dacă este în formă de D, ea *creşte* (n. red. rom.).

2. Este posibil ca semidiscul Lunei să poată fi văzut în vecinătatea unei stele, aşa cum sînt ele aşezate pe steag?

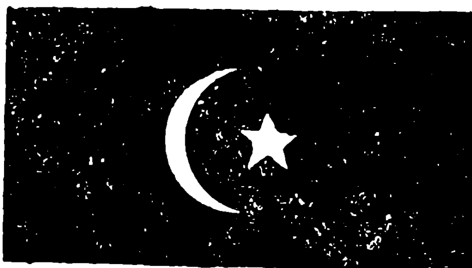
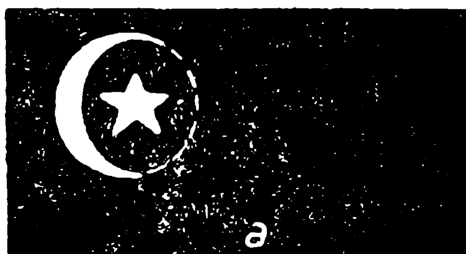


Fig. 31 Steagul Turciei (odinioară).

Răspuns

1. Să ne reamintim de constatările făcute mai sus şi, avînd în vedere că steagul aparţine unei ţări din emisfera nordică, vom stabili că Luna înfăţişată aici este în *descreştere.*



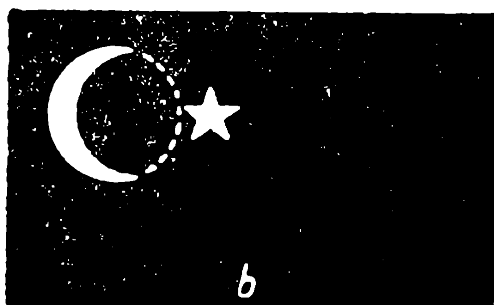


Fig. 32 *a* şi *b*. De ce între capetele semilunei nu poate fi văzută o stea?

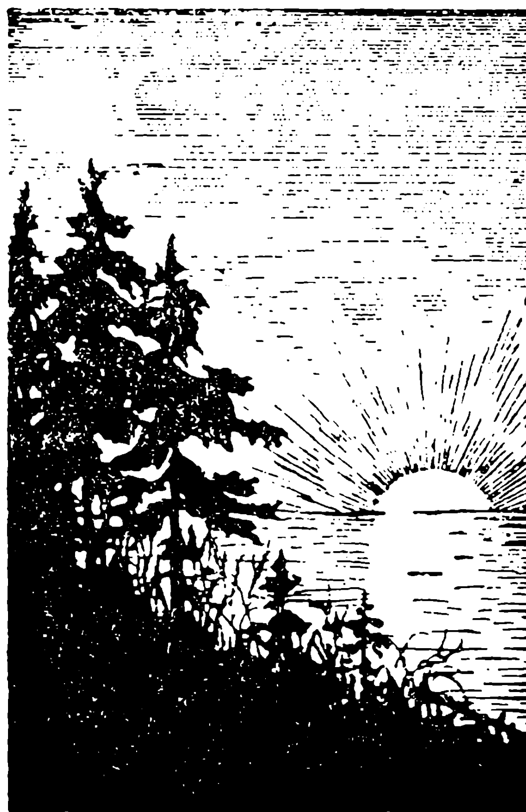


Fig. 33 În tablou s-a strecurat o greşeală astronomică. Care anume? (Răspunsul în text.)

2. Steaua nu poate fi văzută în interiorul discului Lunei, marcîndu-i în întregime forma (fig. 32 a). Toate stelele de pe cer se află la o depărtare mult mai mare decît Luna şi, prin urmare, sînt acoperite de ea. Ele se pot vedea numai în exteriorul contururilor ei, aşa cum se arată în figura 32 b.

Este interesant faptul că pe actualul steag al Turciei, înfăţişînd, ca şi în trecut, semiluna alături de o stea, poziţia este, totuşi, schimbată (fig. 32 b).

Taina fazelor Lunei

Luna primeşte lumină de la Soare şi de aceea partea convexă a semilunei este întoarsă, bineînţeles, spre Soare. Pictorii uită de multe ori acest lucru. Prin expoziţii pot fi văzute destul de des peisaje cu semiluna avînd partea concavă întoarsă spre Soare. Se mai întîmplă, uneori, ca semidiscul Lunei să fie întors cu unul dintre capetele sale spre Soare (fig. 33).

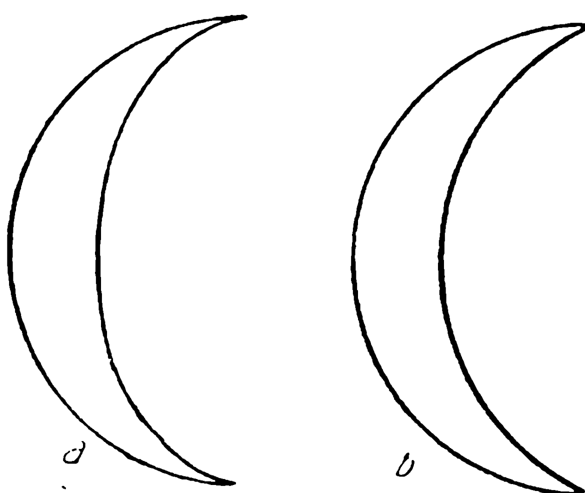


Fig. 34 Cum trebuie redată semiluna (a) şi cum nu poate fi redată ea (b).

Trebuie să precizăm că nu este aşa de uşor, cum s-ar părea, să desenezi o Lună nouă. Pictori cu experienţă desenează latura convexă şi concavă a semidiscului Lunei în formă de semicerc (fig. 34 b). În realitate numai latura exterioară are formă de semicerc, în timp ce latura interioară reprezintă o *semielipsă*, pentru motivul că este un semicerc văzut în *perspectivă* (latura care delimitează partea luminată) (fig. 34 a).

Tot atît de greu este să dai Lunei o poziţie corectă pe cer. Semiluna sau semidiscul subţire al Lunei sînt deseori aşezate, faţă de Soare, într-un fel ciudat. Dat fiind că Luna primeşte lumină de la Soare, linia dreaptă care uneşte capetele semilunei ar trebui să formeze un unghi drept cu raza

de Soare ce se îndreaptă spre centrul ei (fig. 35). Cu alte cuvinte, centrul Soarelui trebuie să fie pe perpendiculara trasă din mijlocul dreptei care uneşte capetele semilunei. Cu toate acestea, regula se aplică numai cînd semiluna este îngustă. Figura 56 arată poziţia Lunei faţă de razele Soarelui în diferite faze. Se creează impresia că razele Soarelui s-ar frînge înainte de a ajunge la Lună.

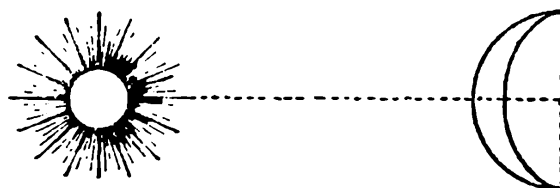


Fig. 35 Poziţia semilunei faţă de Soare.

În realitate raza de Soare care merge spre Lună este într-adevăr perpendiculară pe dreapta ce uneşte capetele semilunei, şi în spaţiu nu este decît o linie dreaptă. Ochiul nostru însă nu schiţează pe cer această linie dreaptă, ci proiecţia ei pe forma concavă a bolţii cereşti. Iată de ce ni se pare că Luna nu este „atîrnată cum trebuie" pe cer. Un pictor trebuie să studieze aceste particularităţi şi să ştie să le redea pe pînză.

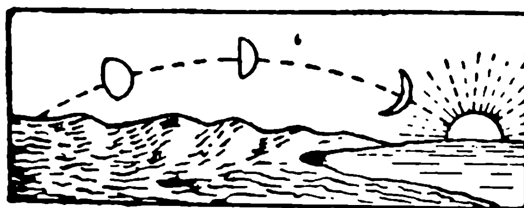


Fig. 36 Poziţia Lunei faţă de Soare aşa cum o vedem noi în diferitele faze ale ei.

Planetă dublă

Pămîntul cu Luna reprezintă o planetă dublă. Ele au dreptul să fie denumite astfel, pentru că satelitul nostru natural se deosebeşte mult de sateliţii altor planete prin mărimea şi masa lui considerabilă în raport cu planeta sa centrală. În sistemul solar există sateliţi cu mase şi dimensiuni *absolute* mai mari, dar în comparaţie cu planeta în jurul căreia

se învîrtesc ei sînt mult mai mici decît Luna noastră în raport cu Pămîntul. Într-adevăr, diametrul Lunei depăşeşte o pătrime din diametrul Pămîntului, în timp ce diametrul celui mai mare satelit al altor planete constituie doar a 10-a parte din diametrul planetei sale (de exemplu Triton — satelitul lui Neptun). De asemenea, masa Lunei constituie 1/81 din masa Pămîntului, în timp ce satelitul cel mai greu, existent în sistemul solar — al III-lea satelit al lui Jupiter — constituie mai puţin de a 10 000-a parte din masa planetei lui centrale.

Raportul dintre masa planetei centrale şi a marilor sateliţi îl găsim în tabelul de mai jos.

Planeta	Satelitul ei	Masa (în părţile maselor planetei)
Pămîntul	Luna	0,0123
Jupiter	Ganimede	0,00008
Saturn	Titan	0,00021
Uranus	Titania	0,00003
Neptun	Triton	0,00129

În al treilea rînd, ceea ce acordă sistemului Pămînt-Lună dreptul de a se numi „planetă dublă“ este apropierea strînsă dintre aceste două corpuri cereşti. Mulţi sateliţi ai altor planete se rotesc în jurul planetelor la distanţe mult mai mari : unii sateliţi ai lui Jupiter (de exemplu al 9-lea) se roteşte la o distanţă de 65 de ori mai mare (fig. 37).

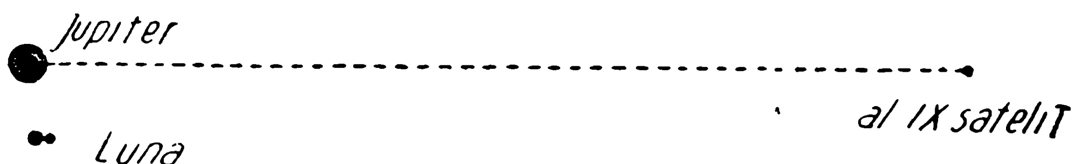


Fig. 37 Sistemul Pămînt-Lună în comparaţie cu sistemul lui Jupiter (dimensiunile corpurilor cereşti nu corespund cu scara de proporţii).

De acest fenomen se leagă şi faptul interesant că drumul descris de Lună în jurul Soarelui se deosebeşte prea puţin de cel al Pămîntului. Pare neverosimil dacă ne gîndim că

Luna se mişcă în jurul Pămîntului la o distanţă de aproximativ 400 000 km. Dar să nu uităm că în timp ce Luna face un singur înconjur al Pămîntului, acesta parcurge, o dată cu Luna, o distanţă ce constituie abia a 13-a parte din lungimea întregii orbite pe care se mişcă Pămîntul, adică o distanţă de 70 000 000 km. Imaginaţi-vă circuitul pe care-l parcurge Luna — 2 500 000 km — desfăşurat pe o distanţă de 30 de ori mai mare. Ce va mai rămîne din forma rotundă a acestui circuit ? Nimic. Iată de ce drumul parcurs de Lună în jurul Soarelui aproape coincide cu orbita Pămîntului, deviind foarte puţin în afară, faţă de orbita Pămîntului, în 13 locuri. Se poate demonstra printr-un calcul simplu (pe care nu-l vom face aici, spre a nu complica expunerea) că drumul parcurs în acest timp de Lună în jurul Soarelui are mereu *concavitatea* către acesta. Vorbind mai simplist, putem spune că acest drum ar semăna cu un poligon cu treisprezece laturi, ale cărui unghiuri sînt rotunjite.

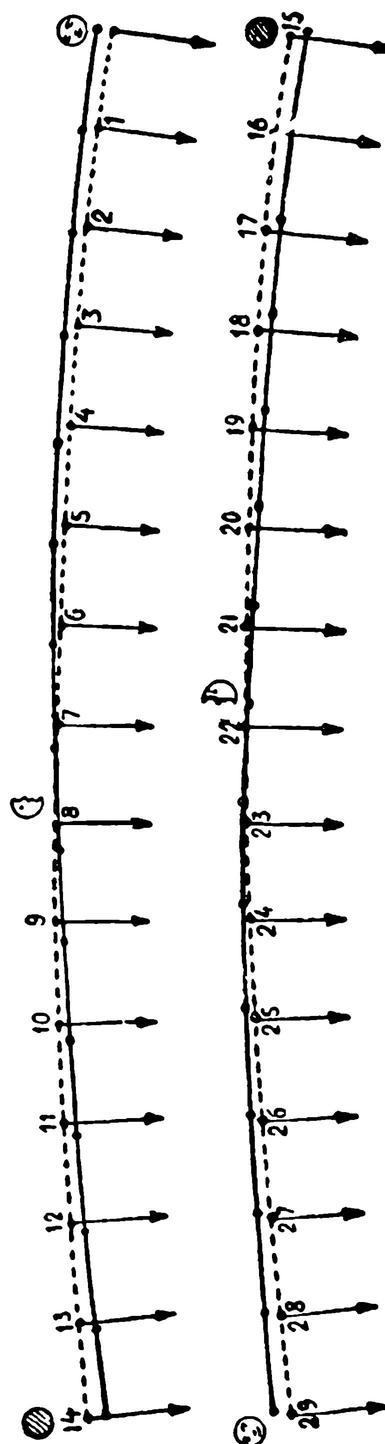


Fig. 38 Drumul parcurs de Lună (linia plină) şi de Pămînt (linia punctată) în jurul Soarelui în decurs de o lună.

În figura 38 puteţi vedea imaginea exactă a celor două drumuri parcurse, unul de Lună şi celălalt de Pămînt, în decurs de o lună. Linia punctată reprezintă drumul parcurs de Pămînt, iar linia plină — drumul parcurs de Lună. Ele sînt atît de apropiate unul de celălalt, încît pentru a le prezenta separat a fost nevoie să folosim o scară de proporţie mare ; dia-

metrul orbitei Pămîntului în această schemă este egal cu 0,5 m. Dacă acest diametru ar fi de 10 cm, distanţa între cele două drumuri pe această schiţă ar fi mai îngustă decît grosimea liniei care le reprezintă. Uitîndu-vă pe acest desen vă puteţi convinge că Pămîntul şi Luna se mişcă în jurul Soarelui aproape pe acelaşi drum şi că denumirea de „planetă dublă“ le-a fost atribuită de astronomi pe bună dreptate [1].

Prin urmare, pentru cineva care s-ar afla pe Soare, drumul parcurs de Lună ar părea ca o linie uşor ondulată, care aproape că se suprapune cu orbita Pămîntului. Acest lucru nu contravine cu nimic faptului că, în raport cu Pămîntul, Luna se mişcă pe o elipsă nu prea mare.

Cauza constă, fireşte, în aceea că, privind de pe Pămînt, nu observăm mişcarea de deplasare comună a Lunei şi a Pămîntului de-a lungul orbitei acestuia din urmă, deoarece participăm şi noi la această mişcare.

De ce Luna nu cade pe Soare ?

Întrebarea pare naivă. În definitiv, de ce trebuie să cadă Luna pe Soare ? Este lucru ştiut că puterea de atracţie a Pămîntului asupra Lunei este mult mai mare decît a îndepărtatului Soare.

Cititorii care gîndesc astfel vor rămîne foarte surprinşi cînd vor afla că lucrurile stau tocmai invers : Luna este atrasă cu mai multă forţă de Soare şi nu de Pămînt !

Exactitatea acestui lucru ne-o dovedeşte calculul. Să comparăm cele două forţe de atracţie, exercitate asupra Lunei : forţa de atracţie a Soarelui şi forţa de atracţie a Pămîntului. Ambele forţe depind de următoarele două circumstanţe : de mărimea masei şi de distanţa acestei mase faţă de Lună.

---

[1] Dacă cercetăm cu atenţie desenul, putem observa că mişcarea Lunei nu este prezentată strict uniform. Aşa şi este în realitate. Luna se mişcă în jurul Pămîntului pe o elipsă în al cărei focar se află Pămîntul şi, potrivit legii a II-a a lui Kepler, pe porţiunile mai apropiate de Pămînt ea se mişcă mai repede decît pe porţiunile mai îndepărtate. Excentricitatea orbitei Lunei este destul de mare : 0,055.

Masa Soarelui este de 330 000 de ori mai mare decît masa Pămîntului. Tot de atîtea ori ar fi mai mare forţa de atracţie a Soarelui asupra Lunei decît forţa de atracţie a Pămîntului, în cazul cînd distanţa de la Soare pînă la Lună ar fi egală cu cea de la Lună pînă la Pămînt.

Dar, distanţa dintre Soare şi Lună este aproximativ de 400 de ori mai mare ca distanţa dintre Lună şi Pămînt. Forţa de atracţie descreşte proporţional cu pătratul distanţei ; de aceea forţa de atracţie a Soarelui trebuie micşorată de 400^2 ori, adică de 160 000 de ori. Deci, forţa de atracţie a Soarelui este mai mare decît forţa de atracţie a Pămîntului de $\frac{330\,000}{160\,000}$ ori, adică de peste două ori.

Prin urmare, Luna este atrasă de Soare cu o forţă de două ori mai puternică decît cea a Pămîntului. În acest caz de ce oare Luna nu se prăbuşeşte pe Soare ? De ce Pămîntul sileşte Luna să se învîrtească în jurul său şi de ce nu deţine prioritate forţa de atracţie a Soarelui ?

Luna nu cade pe Soare din aceleaşi motive pentru care nu cade şi Pămîntul ; Luna se învîrteşte în jurul Soarelui laolaltă cu Pămîntul, iar forţa de atracţie a Soarelui se iroseşte pentru a transforma mişcarea rectilinie a celor două corpuri cereşti în mişcare curbilinie.

Poate că unii cititori se îndoiesc de acest lucru. Într-adevăr, Pămîntul atrage spre sine Luna, Soarele atrage Luna cu o forţă mai mare, iar aceasta din urmă, în loc să cadă pe Soare, se învîrteşte în jurul Pămîntului. Acest lucru ar fi într-adevăr curios dacă Soarele ar atrage către sine *numai* Luna. El însă atrage Luna *împreună cu Pămîntul*, atrage „planeta dublă" în întregime şi, altfel spus, Soarele nu se amestecă în raporturile interne existente între membrii acestui cuplu. Vorbind mai exact, Soarele atrage centrul de greutate comun al sistemului Pămînt-Lună. Acest centru (denumit „baricentru") se roteşte în jurul Soarelui sub acţiunea forţei de atracţie a acestuia. El se găseşte la o distanţă de 2/3 din raza Pămîntului faţă de centrul lui în direcţia Lunei. Luna şi centrul Pămîntului fac mişcarea de rotaţie în jurul baricentrului, efectuînd o rotaţie în timp de o lună.

Partea vizibilă şi partea invizibilă a Lunei

Printre efectele obţinute cu ajutorul stereoscopului nimic nu poate surprinde mai mult ca aspectul Lunei. Prin stereoscop vezi cu proprii tăi ochi că Luna are, într-adevăr, o formă de sferă, în timp ce văzută pe cer cu ochiul liber pare un disc plat, ca o tavă de ceai.

Dar mulţi nici nu bănuiesc cît de greu se obţine o fotografie stereoscopică a satelitului nostru. Pentru a realiza această fotografie trebuie să cunoşti bine particularităţile mişcărilor capricioase ale globului luminos al nopţii.

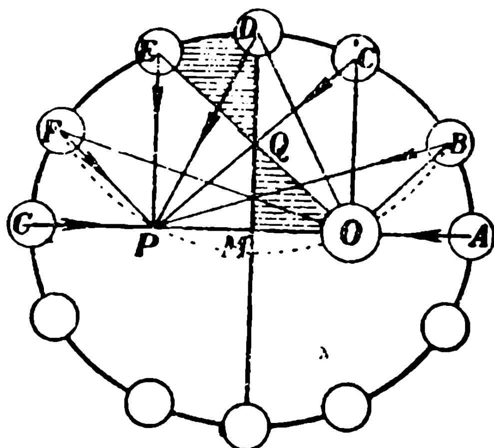


Fig. 39 Cum se roteşte Luna în jurul Soarelui pe orbita ei. (Amănunte în text.)

Pricina constă în faptul că Luna înconjoară Pămîntul, păstrînd în permanenţă una şi aceeaşi parte întoarsă către aceasta din urmă. Făcînd înconjurul Pămîntului, Luna se învîrteşte concomitent şi în jurul axei sale, dar aceste două mişcări se execută în acelaşi interval de timp. În figura 39 se vede o elipsă care trebuie să reprezinte orbita Lunei. În desen se exagerează în mod intenţionat excentricitatea elipsei Lunei ; în realitate ea este egală cu 0,055 sau 1/18. Este imposibil să redai cu exactitate într-un desen mic orbita Lunei în aşa fel ca să o deosebeşti de un cerc ; dacă am lua semiaxa mare de un metru, semiaxa mică ar trebui să fie mai scurtă doar cu 1,5 mm ; Pămîntul s-ar afla la numai 5,5 cm distanţă de centru. Pentru a înţelege mai uşor explicaţiile ce urmează, am prezentat în desenul nostru o elipsă mai excentrică.

Prin urmare, imaginaţi-vă că elipsa din figura 39 reprezintă drumul parcurs de Lună în jurul Pămîntului. Pămîntul l-am plasat în punctul O — unul din focarele elipsei. Legile lui Kepler nu se referă numai la mişcarea planetelor în jurul Soarelui, ci şi la mişcarea sateliţilor în jurul planetelor centrale, în particular la mişcările Lunei. Potrivit celei de-a

doua legi a lui Kepler, satelitul Pămîntului se deplasează în timp de un sfert de lună pe distanţa AE, astfel că suprafaţa OABCD este egală cu $^1/_4$ din suprafaţa elipsei, adică este egală cu suprafaţa MABCD (egalitatea suprafeţelor OAE şi MAD din desenul nostru se confirmă prin egalitatea aproximativă a suprafeţelor MOQ şi EQD). Deci, într-un sfert de lună, satelitul Pămîntului parcurge distanţa de la A la E. Mişcarea de rotaţie a Lunei, ca şi mişcarea de rotaţie a planetelor în general, spre deosebire de mişcarea de revoluţie în jurul Soarelui, este uniformă : în timp de un $^1/_4$ de lună, ea parcurge un arc de cerc exact de 90°. De aceea, cînd Luna se găseşte în punctul E, raza Lunei, întoarsă către Pămînt în punctul A, va descrie un arc de 90° şi nu va fi îndreptată spre punctul M, ci spre un alt punct oarecare, mai la stînga de M, în apropierea celui de-al doilea focar al orbitei (P). Datorită faptului că Luna îşi întoarce puţin faţa, observatorul de pe Pămînt poate să vadă din partea dreaptă fîşia îngustă a celeilalte jumătăţi, invizibile pînă atunci. În punctul F, observatorul pămîntean vede o fîşie şi mai îngustă din partea de obicei invizibilă a Lunei, pentru că unghiul OFP este mai mic ca unghiul OEP. În punctul G — în „apogeul" orbitei — Luna deţine aceeaşi poziţie faţă de Pămînt ca şi în „perigeu" — punctul A. Mai departe, în mişcarea sa, Luna se întoarce cu faţa de la Pămînt în partea opusă, arătînd planetei noastre cealaltă fîşie din partea ei invizibilă ; la început această fîşie creşte în lăţime, apoi devine mai îngustă, iar în punctul A Luna îşi reia poziţia iniţială.

Ne-am convins că, datorită formei eliptice a drumului parcurs de Lună, aceasta nu rămîne întoarsă către Pămînt strict numai cu una şi aceeaşi jumătate a ei. Luna nu se menţine în permanenţă cu una şi aceeaşi parte a ei faţă de Pămînt, ci faţă de celălalt focar al orbitei sale. Pentru noi, însă, ea balansează în jurul poziţiei de mijloc, asemenea unui cîntar ; de aici provine şi denumirea astronomică a acestei balansări („libraţie" — de la cuvîntul latin „libra", care înseamnă „cîntar"). Mărimea libraţiei fiecărui punct se măsoară prin unghiul respectiv ; de pildă, în punctul E libraţia este egală cu unghiul OEP. Valoarea cea mai mare a libraţiei este 7°53′, adică aproape 8°.

Este interesant de urmărit în ce măsură crește și scade unghiul de librație o dată cu deplasarea Lunei pe orbita ei. Să fixăm în punctul D vîrful compasului și să descriem un arc care să treacă prin focarele O și P. Arcul va întretăia orbita în punctele B și F. Unghiurile OBP și OFP, fiind unghiuri înscrise în cerc, sînt egale cu jumătate din unghiul la centrul ODP. De aici deducem că, o dată cu deplasarea Lunei din punctul A pînă în punctul D, librația crește intens la început, în punctul B atinge jumătate din valoarea maximă, apoi continuă să crească mai încet; între D și F librația descrește la început mai încet, apoi mai repede. În cea de-a doua jumătate a elipsei, librația își schimbă valoarea în același ritm, dar în ordine inversă (valoarea librației în fiecare punct de pe orbită este aproximativ proporțională cu distanța dintre Lună și axa mare a orbitei).

Balansarea Lunei, analizată de noi mai sus, se numește librație de longitudine. Satelitul nostru mai este supus unui alt gen de librație — de latitudine. Planul orbitei Lunei are o înclinație de $6^1/_2°$ față de ecuatorul ei. De aceea, de pe Pămînt, vedem Luna în unele cazuri dinspre sud, iar în alte cazuri dinspre nord, reușind să zărim puțin jumătatea „invizibilă" a Lunei și polii ei. Această librație de latitudine atinge $6^1/_2°$.

Vom explica în cele ce urmează cum se folosește un astronom-fotograf de ușoarele balansări, descrise mai sus, ale Lunei în poziție medie, pentru a obține fotografii stereoscopice. Cititorul va bănui, desigur, că pentru acest lucru trebuie să prinzi de două ori momentul cînd Luna se află în asemenea poziții, urmărind ca în prima poziție Luna să fie întoarsă cu un unghi suficient de mare față de poziția a doua [1].

În punctele A și B, B și C, C și D etc., Luna deține poziții atît de diferite în raport cu Pămîntul, încît există posibilitatea de a se lua fotografii stereoscopice. Ne ciocnim însă de un alt inconvenient; în aceste poziții diferența de „vîrstă" a Lunei (1,5—2 zile) este prea mare; fîșia din suprafața Lunei aflată în vecinătatea cercului de iluminare iese

[1] Pentru obținerea fotografiilor stereoscopice este destul ca diferența în librație să fie de 1° (n. a.).

din umbră pe una din fotografii. Acest lucru este inadmisibil pentru fotografiile stereoscopice (fîşia va sclipi, de parcă ar fi de argint). Se pune problema dificilă de a pîndi momentul cînd Luna se găseşte în faze identice, care să se deosebească prin mărimea libraţiei (de longitudine) în aşa fel, încît cercul de iluminare să treacă mereu peste aceleaşi detalii de pe suprafaţa Lunei. Asta nu este însă suficient : în ambele poziţii Luna trebuie să fie supusă la aceleaşi libraţii de *latitudine*.

Prin urmare, vedeţi cît este de greu să obţii fotografii stereoscopice bune ale Lunei, şi să nu vă miraţi dacă veţi afla că deseori, din două fotografii stereoscopice, una se face la un interval de cîţiva ani după cealaltă.

Nu credem că cititorul nostru ar intenţiona să scoată fotografii stereoscopice ale Lunei. Fireşte că explicaţiile cu privire la obţinerea acestei fotografii nu le-am dat cu un scop practic, ci pentru a analiza particularităţile mişcărilor Lunei, care dau posibilitate astronomilor să vadă o mică fîşie din acea parte a satelitului nostru, inaccesibilă vederii unui pămîntean. Graţie ambelor libraţii ale Lunei, reuşim să vedem în total 59% din suprafaţa ei. Rămîne cu desăvîrşire inaccesibilă vederii noastre 41% din suprafaţă. Cum este alcătuită această parte din suprafaţa Lunei nu ştie nimeni ; putem doar să bănuim că ea nu se deosebeşte în mod esenţial de partea vizibilă a ei. S-au făcut încercări ingenioase ca, prin prelungirea în sens invers a lanţurilor de munţi şi a razelor de lumină care se întind din partea invizibilă în partea vizibilă a Lunei, să se plaseze pe ghicite unele detalii în partea inaccesibilă vederii noastre. Verificarea unor astfel de presupuneri nu este posibilă deocamdată. Spunem „deocamdată“ cu temei : de multă vreme se elaborează metodele unui zbor în jurul Lunei. Nu a rămas mult de aşteptat pînă la realizarea acestei iniţiative îndrăzneţe. Deocamdată se ştie un singur lucru : presupunerea adeseori enunţată, cu privire la existenţa apei şi a atmosferei pe această parte invizibilă a Lunei, este cu desăvîrşire neîntemeiată şi contravine legilor fizicii ; dacă pe o parte a Lunei nu există atmosferă şi apă, ele nu pot exista nici pe cealaltă parte a ei (vom reveni asupra acestei probleme).

A doua Lună şi Luna Lunei

În presă apar uneori ştiri care relatează că anumiţi observatori au reuşit să vadă un al doilea satelit al Pămîntului, o a doua Lună. Deşi asemenea declaraţii nu au fost niciodată confirmate, este interesant totuşi să ne oprim asupra acestei teme.

Problema existenţei celui de-al doilea satelit al Pămîntului nu este nouă. Ea are o poveste lungă. Cine a citit romanul lui Jules Verne „De la Pămînt la Lună", îşi aminteşte că încă în acest roman se vorbeşte despre o a doua Lună. Ea este aşa de mică, iar viteza ei este aşa de mare, încît locuitorii Pămîntului nu o pot vedea. Astronomul francez Petit — ne spune Jules Verne — a bănuit existenţa ei şi a stabilit că aceasta face înconjurul Pămîntului în 3 ore şi 20 minute. Distanţa ei faţă de suprafaţa Pămîntului este de 8 140 km. Este interesant faptul că o revistă ştiinţifică din Anglia, publicînd o serie de articole despre astronomia lui Jules Verne, consideră cele enunţate de Petit cît şi pe Petit însuşi o simplă născocire. Într-adevăr, nici o enciclopedie nu pomeneşte despre acest astronom. Cu toate acestea, cele relatate de romancier nu sînt născociri. Directorul Observatorului din Toulouse — Petit — susţinea pe la jumătatea secolului trecut că există o a doua Lună — un meteorit, care face înconjurul globului pămîntesc în 3 ore şi 20 de minute, mişcîndu-se la o distanţă de numai 5 000 km — nu 8 000 km, cum spune Jules Verne — de suprafaţa Pămîntului. Pe atunci această idee era împărtăşită de puţini astronomi, fiind dată cu totul uitării mai tîrziu.

Din punct de vedere teoretic nu există nimic antiştiinţific în presupunerea existenţei unui alt satelit foarte mic al Pămîntului. Totuşi, un astfel de corp ceresc ar putea fi observat şi în alte rînduri, nu numai în acele rare momente cînd el trece (aparent) în dreptul discului Lunei sau al Soarelui.

Chiar dacă el s-ar mişca la o distanţă foarte mică de Pămînt, ceea ce ar determina scufundarea lui în marea umbră a Pămîntului atunci cînd ar face înconjurul lui, el ar putea fi totuşi văzut pe cer serile şi dimineţile, strălucind viu ca o stea în razele Soarelui. Viteza lui mare şi intervalul de timp

scurt în care înconjoară Pămîntul ar fi atras atenţia multor observatori. De asemenea, în timpul eclipselor totale de Soare, cea de-a doua Lună nu ar putea să scape privirilor cercetătoare ale astronomilor.

Pe lîngă problema dacă există o a doua Lună, se mai ridică chestiunea existenţei unui mic satelit al Lunei — „Luna Lunei".

A ne convinge însă în mod nemijlocit de existenţa unui astfel de satelit este foarte greu. Astronomul Multon se pronunţă în legătură cu aceasta în felul următor :

„Cînd Luna luminează din plin, lumina ei sau lumina Soarelui nu permit să se observe în apropierea ei un corp ceresc foarte mic. Numai în momentele de eclipsă de Lună satelitul ei ar putea fi luminat de Soare, în timp ce sectoarele învecinate de pe cer nu ar mai fi luminate de razele Lunei. Deci, numai în timpul eclipselor de Lună am putea spera să descoperim un corp ceresc mic, rotindu-se în jurul Lunei. Cercetări de acest fel s-au făcut, fără a duce la vreun rezultat real."

De ce nu are luna atmosferă ?

Înainte de a vorbi de cauza pentru care Luna nu reţine în jurul ei atmosfera, ne vom pune următoarea întrebare : de ce propria noastră planetă are atmosferă ? Ne vom reaminti că aerul, ca orice gaz, constituie un amestec de molecule, care se mişcă impetuos în direcţii diferite. Viteza lor medie, la o temperatură de 0°, este de circa 0,5 km pe secundă (viteza unui cartuş de armă). În acest caz, de ce nu se împrăştie oare în spaţiul cosmic ? Pentru acelaşi motiv pentru care nu pătrunde în spaţiul cosmic şi cartuşul de armă. Irosindu-şi energia mişcării sale pentru învingerea forţei gravităţii, moleculele cad înapoi pe Pămînt. Imaginaţi-vă în apropiere de suprafaţa Pămîntului o moleculă care zboară vertical în sus, cu o viteză de 0,5 km pe secundă. Cît de sus poate ajunge ea ? Calculul nu este greu : viteza v, înălţimea h şi acceleraţia forţei gravitaţiei g sînt legate prin următoarea formulă :

$$v^2 = 2\ gh$$

Înlocuind pe v cu valoarea respectivă — 500 m/sec, pe g cu 10 m/sec^2, avem :

$$250\,000 = 20\ h$$

de unde :

$$h = 12\,500\ m = 12^1/_2\ km$$

Dacă moleculele de aer nu se pot ridica peste $12^1/_2$ km, cum se face că la o altitudine mai mare există totuşi molecule de acest fel ? Este ştiut că oxigenul, care face parte din atmosfera noastră, a luat naştere în apropiere de scoarţa Pămîntului (din bioxidul de carbon, prin acţiunea plantelor). Ce forţă le-a ridicat şi le menţine la o înălţime de 500 km, uneori şi mai sus, unde s-au constatat în mod categoric urme de aer ? Fizica ne răspunde, cum ne-ar răspunde un statistician, dacă i-am pune următoarea întrebare : „Longevitatea medie este de 40 de ani ; dar cum se face că există bătrîni de 80 de ani ?“ Explicaţia constă în faptul că în calculul de mai sus ne-am ghidat după molecula medie şi nu după cea reală. Molecula medie are o viteză de $^1/_2$ km, moleculele reale însă se mişcă unele mai încet, altele mai repede. Este adevărat că procentul moleculelor a căror viteză diferă de viteza unei molecule medii nu este prea mare şi se reduce simţitor o dată cu creşterea acestei diferenţe. Din numărul de molecule dat într-un anumit volum de oxigen la o temperatură de 0°, numai 20% au o viteză de 400—500 m pe secundă ; un număr aproape egal se mişcă cu o viteză de 300—400 m/sec, 17% cu o viteză de 200—300 m/sec, 9% — cu o viteză de 600—700 m/sec, 8% cu o viteză de 700—800 m/sec, 1% cu o viteză de 1 300—1 400 m/sec. Un număr foarte mic (mai puţin decît a una milioana parte) au o viteză de 3500 m/sec, iar această viteză este suficientă ca moleculele să se urce chiar la o înălţime de 600 km. Într-adevăr, $3\,500^2 = 20\ h$, de unde $h = \frac{12\,250\,000}{20}$, adică peste 600 km.

Existenţa particulelor de oxigen la sute de kilometri deasupra scoarţei Pămîntului devine justificată ; acest lucru rezultă din particularităţile fizice ale gazelor. Moleculele de oxigen, bioxid de carbon sau vapori de apă nu dispun, totuşi, de o viteză care le-ar permite să se separe cu totul de globul pămîntesc. Pentru asta se cere o viteză de cel puţin 11 km

pe secundă, iar la temperaturi joase această viteză nu o posedă decît moleculele izolate din gazele citate mai sus. Iată de ce Pămîntul își păstrează cu atîta forță învelișul său format din atmosferă. S-a calculat că pentru pierderea unei jumătăți din cantitatea de hidrogen — cel mai ușor gaz — ar trebui să treacă un număr de ani, care, exprimat pe hîrtie, necesită un număr de 25 de cifre. Milioane de ani nu vor aduce nici o schimbare în componența și masa atmosferei Pămîntului.

Din cele spuse mai sus putem lesne trage concluzia de ce Luna nu poate avea în jurul ei atmosferă. Forța gravitației pe Lună este de șase ori mai mică decît pe Pămînt ; corespunzător cu asta, viteza necesară învingerii forței gravitației pe Lună este de asemenea mai mică, fiind egală doar cu 2 360 m/sec. Dat fiind că, la o temperatură moderată, viteza moleculelor de oxigen și azot poate depăși această valoare, se înțelege că Luna ar trebui să-și piardă în permanență atmosfera, în cazul că ea s-ar forma aici. În clipa cînd moleculele cu viteză mai mare ar dispărea, alte molecule ar căpăta viteza critică (aceasta este consecința repartizării vitezei între particulele unui gaz), fapt în urma căruia noi și noi particule din învelișul atmosferei s-ar strecura în spațiul cosmic, fără a se mai întoarce. Într-un interval de timp destul de lung, dar infim în raport cu Universul, întreaga atmosferă va părăsi un corp ceresc cu o forță de atracție atît de mică.

Se poate demonstra pe cale matematică faptul că atunci cînd viteza medie a moleculelor din atmosfera unei planete este, să zicem, chiar de trei ori mai mică decît viteza limită (adică, în cazul Lunei este de 2 360 : 3 = 790 m/sec), această atmosferă, în cursul cîtorva săptămîni, trebuie să se irosească pe jumătate. (Atmosfera unui corp ceresc se poate menține stabilă numai cu condiția ca viteza medie a moleculelor ei să fie mai mică decît o cincime din viteza limită.)

Unii au „prezis“ că, atunci cînd oamenii de pe Pămînt vor ajunge pe Lună și o vor cuceri, ei vor putea să înconjoare Luna cu atmosferă artificială, făcînd-o astfel aptă de locuit. În urma celor expuse, cititorii își vor da seama că această idee este de domeniul fanteziei. Faptul că satelitul nostru este lipsit de atmosferă nu constituie o întîmplare

sau un capriciu al naturii, ci consecința firească a legilor fizicii.

Este, de asemenea, limpede și faptul că motivele care exclud existența atmosferei pe Lună condiționează în același fel inexistența ei în general pe toate corpurile din Univers cu o forță de gravitate mai mică, cum sînt asteroizii și majoritatea sateliților planetelor [1]

Dimensiunile Lunei

Firește, despre acest lucru ne vorbesc cu deosebită precizie următoarele date : mărimea diametrului Lunei (3 500 km),

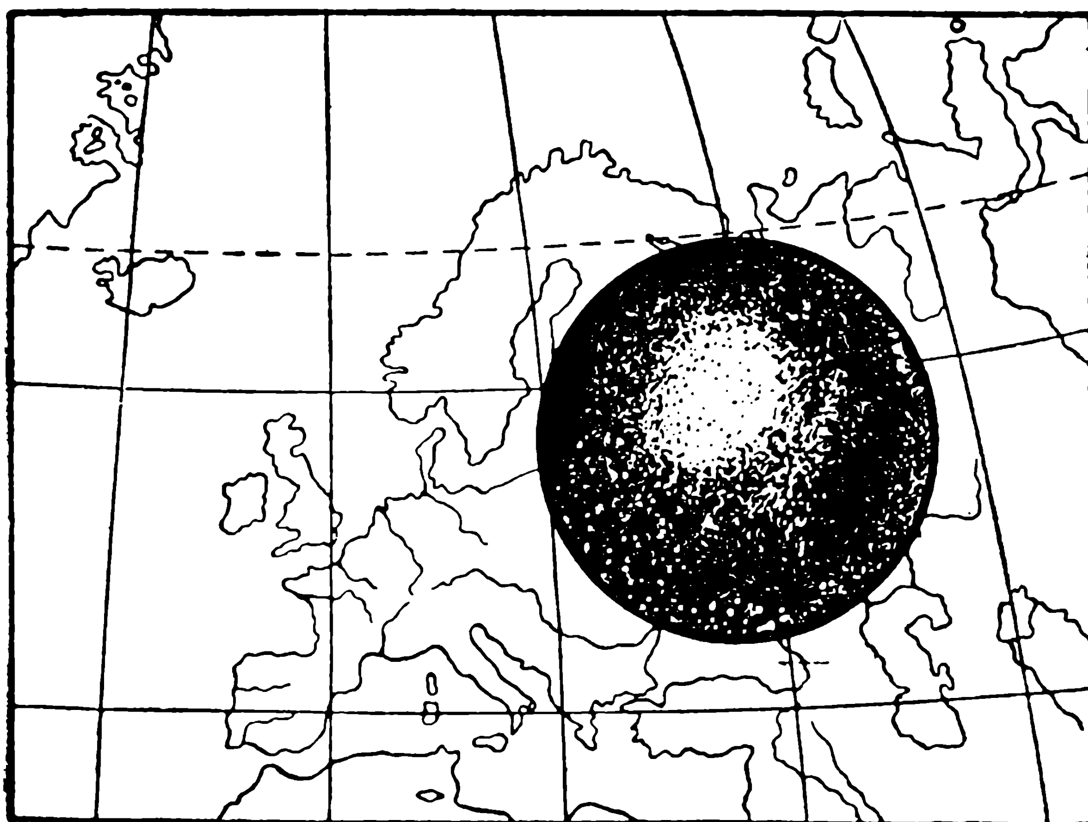


Fig 40 Dimensiunile Lunei în comparație cu Europa. (De aici nu se poate deduce că suprafața Lunei este mai mică decît cea a Europei.)

[1] În anul 1948, astronomul I. N. Lipski a stabilit existența probabilă a unor urme de atmosferă pe Lună. Masa totală a atmosferei Lunei poate constitui cel mult a suta mia parte din atmosfera Pămîntului (n. red. sov.).

suprafaţa şi volumul ei. Totuşi, cifrele, atît de indispensabile în calcule, nu ne pot da imaginea vizuală a dimensiunilor pe care ne-o pretinde imaginaţia. Este util să recurgem la comparaţii concrete.

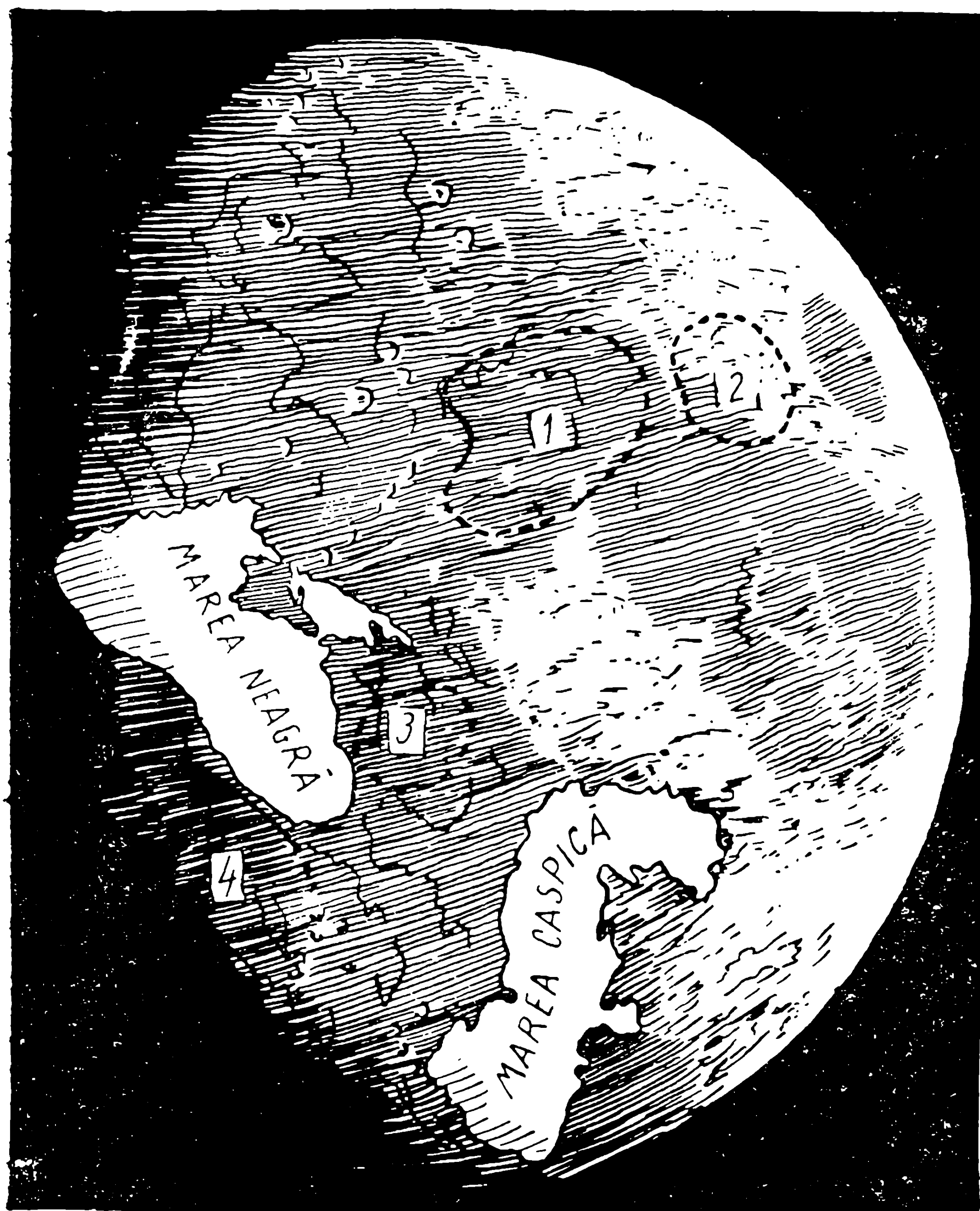


Fig. 41 Mările terestre în comparaţie cu „mările" de pe Lună. Marea Neagră şi Marea Caspică transpuse pe Lună ar depăşi în suprafaţă oricare „mare" a Lunei. (Cifrele reprezintă : *1* – Marea Norilor, *2* – Marea Umidităţii, *3* – Marea Aburilor, *4* – Marea Seninătăţii).

Să comparăm continentul Lunei (căci Luna constituie în totalitate un continent) cu continentele globului pămîntesc (fig. 40). Această metodă va fi mai convingătoare decît afirmaţia abstractă că suprafaţa totală a Lunei este de 14 ori mai mică decît suprafaţa Pămîntului. Suprafaţa satelitului nostru, socotită în kilometri pătraţi, este cu puţin mai mică decît suprafaţa celor două Americi. Partea întoarsă către Pămînt a Lunei şi care este accesibilă cercetărilor noastre este aproape egală cu suprafaţa Americii de Sud.

Pentru a ne da seama în mod concret de dimensiunile „mărilor" de pe Lună, am introdus pe harta Lunei (fig. 41), la aceeaşi scară de proporţii, contururile Mării Negre şi ale Mării Caspice. Se observă imediat că „mările" de pe Lună nu sînt prea mari, deşi ele ocupă o bună parte a discului. *Marea Seninătăţii*, de exemplu (170 000 km^2), este aproximativ de $2^1/_2$ ori mai mică decît Marea Caspică.

În schimb, şirurile de munţi inelari de pe Lună reprezintă uneori adevăraţi giganţi, cum nu există pe Pămînt. De pildă, circul Grimaldi deţine o suprafaţă mai mare decît cea a lacului Baikal. În interiorul acestor munţi ar putea să se încadreze în întregime un stat mai mic, cum este Belgia sau Elveţia.

Peisajele de pe Lună

Au fost atît de des redate în diferite cărţi fotografii ale scoarţei Lunei, încît caracteristica particularităţilor reliefului ei — munţi inelari (fig. 42), „cratere" (circuri) — sînt desigur cunoscute fiecărui cititor. Este foarte posibil că unii au privit munţii de pe Lună printr-o lunetă ; în acest scop este suficient o lunetă cu un obiectiv de 3 cm diametru.

Dar nici fotografiile şi nici ceea ce se observă prin telescop nu ne pot da imaginea pe care ar avea-o cineva aflîndu-se *chiar pe Lună*. Găsindu-ne în imediata apropiere a munţilor de pe Lună, i-am vedea cu totul altfel decît prin telescop. Una e să priveşti un obiect de la o mare înălţime, şi altceva este să-l vezi lateral, din apropiere. Vom arăta în cîteva exemple în ce constă această deosebire. Muntele Eratosthene se vede de pe Pămînt ca un val, în formă de inel, avînd în mijloc un vîrf. În telescop, acest munte se profilează pu-

ternic în relief, datorită umbrelor întunecate şi precise. Priviţi-l însă în profil (fig. 43) ; observaţi că, în comparaţie cu diametrul uriaş al craterului — 60 km, înălţimea valului şi a conului interior este extrem de mică ; povîrnişul lin al



Fig. 42 Munţi inclari tipici pe Lună.

coastelor muntelui face ca înălţimea lui să pară şi mai neînsemnată.

Imaginaţi-vă că colindaţi prin interiorul acestui crater şi nu uitaţi că diametrul lui este egal cu distanţa dintre lacul

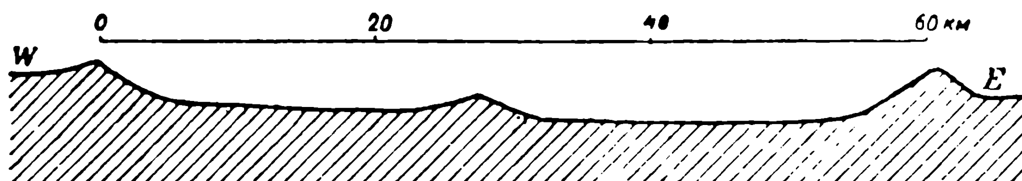


Fig. 43 Profilul unui mare munte inelar.

Ladoga şi Golful Finic. Aproape că nu veţi observa forma inelară a valului ; afară de aceasta, forma bombată a terenului va face invizibilă partea de jos a muntelui, deoarece orizontul pe Lună este de două ori mai îngust decît ori-

zontul Pămîntului (corespunzător cu diametrul de patru ori mai mic al Lunei). Pe Pămînt, un om de statură mijlocie, stînd pe un teren drept, poate vedea în jurul său pe o rază de cel mult 5 km. Acest lucru reiese din formula distanței orizontului :

$$D = \sqrt{2Rh},$$

în care D este distanța, h — înălțimea la care se află ochiul față de Pămînt, R — raza planetei, toate exprimate în kilometri.

Substituind în formulă cifrele respective pentru Pămînt și Lună, aflăm că pentru un om de statură mijlocie distanța orizontului :

pe Pămînt este de 4,8 km,
pe Lună „ „ 2,5 „

Priveliștea înfățișată cuiva care s-ar afla în interiorul unui „crater" pe Lună o putem vedea în figura 44. (Pei-



Fig. 44 Priveliștea pe care ar vedea-o un observator aflat în centrul unui munte inelar.

sajul reprezintă un alt mare crater de pe Lună — craterul lui Arhimede.) Se vede că întinderea dreaptă cu un lanț de coline la orizont nu prea seamănă cu ceea ce se înțelege în mod obișnuit prin cuvintele „crater lunar".

Dacă cineva s-ar posta pe cealaltă parte a valului, în afara craterului, ar fi de asemenea surprins de cele ce vede. Panta exterioară a muntelui inelar (fig. 43) este atît de lină, încît nu pare cîtuşi de puţin să fie un munte, iar, ceea ce este mai important, nimeni nu ar putea crede că dealul ce se ridică în faţa lui este un munte inelar care formează în interiorul său o depresiune circulară. În acest scop ar trebui să escaladezi vîrful muntelui, dar, cum am mai spus, un alpinist de pe Lună nu va afla nici aici ceva deosebit.

În afară de munţi uriaşi inelari, Luna mai are şi o sumedenie de „cratere“ mărunte, care pot fi cuprinse uşor cu privirea, chiar dacă ne-am afla în imediata apropiere a lor. Înălţimea lor e însă neînsemnată ; pentru un spectator nu s-ar găsi nimic deosebit, care să-i atragă privirea. În schimb, unele vîrfuri de munţi ai Lunei, care poartă denumiri de munţi pămînteni (Alpi, Caucaz, Apenini etc.), rivalizează în înălţime cu cei de pe Pămînt, atingînd 7—8 km. Pe globul relativ mic al Lunei, ei au un aspect impunător.



Fig. 45 Jumătatea unui bob de mazăre luminată piezis lasă o umbră foarte lungă.

Lipsa atmosferei pe Lună, fapt care face ca umbrele să fie mai pronunţate aici, creează — cu ocazia observaţiilor telescopice — o iluzie vizuală extrem de interesantă ; cele mai neînsemnate ridicături ale scoarţei sînt exagerate şi se profilează în relief mai intens. Puneţi o jumătate de bob de mazăre cu partea bombată în sus. Cît este de mare această jumătate de bob de mazăre ? Totuşi, priviţi (fig. 45) cît de lungă este umbra pe care o lasă. Cînd un corp pe Lună primeşte lumină dintr-o parte, umbra pe care o lasă are uneori o lungime de 20 de ori mai mare decît înălţimea corpului respectiv. Această constatare a servit astronomilor : mulţumită lungimii umbrelor au putut fi observate pe Lună, prin telescop, corpuri care au o înălţime de numai 30 m. Aceeaşi împrejurare, însă, ne face să exagerăm variaţiunile de teren de pe Lună. Muntele Pico, de pildă, se profilează cu atîta proeminenţă în telescop, încît fără să vrei ţi-l imaginezi ca o stîncă ascuţită şi abruptă (fig. 46). De altfel, la început, aşa s-a crezut că arată. Privindu-l însă de pe suprafaţa Lunei,

ați vedea o cu totul altă priveliște: ceea ce reprezintă figura 47.

În schimb, alte particularități ale reliefului Lunei sînt sub-



Fig. 46 Muntele Pico văzut prin telescop pare a fi abrupt și ascuțit.

apreciate de noi. Prin telescop observăm pe suprafața ei crăpături abia vizibile și ni se pare că ele nu au un rol prea



Fig. 47 Văzut de pe Lună, muntele Pico are pante line.

mare în peisajul Lunei. Transferîndu-ne, însă, pe suprafața satelitului nostru, la aceste locuri, am vedea la picioarele noastre o prăpastie care se întinde departe, dincolo de linia

orizontului. Încă un exemplu : pe Lună există un aşa-numit „Perete drept" — un prag vertical de stîncă. Privind acest



Fig. 48 Așa-numitul „Perete drept" de pe Lună (văzut cu telescopul).

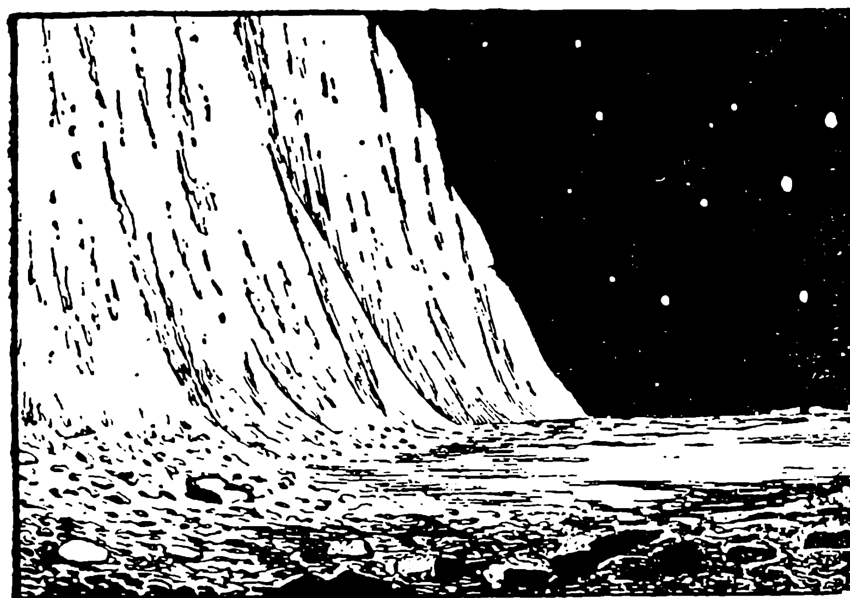


Fig. 49 Cum arată „Peretele drept" văzut de cineva care s-ar afla la poalele lui.

perete pe hartă (fig. 48), uităm că el are 300 m înălţime ; dacă ne-am afla la poalele acestui perete stîncos, am fi uimiţi

de imensitatea lui. În figura 49, desenatorul a încercat să prezinte acest perete vertical, văzut de jos : capătul lui se pierde undeva departe, dincolo de orizont ; el are o lungime



Fig. 50 O „crăpătură“ pe Lună, văzută din apropiere.

de 100 km ! Tot astfel şi micile crăpături ale scoarţei, care se observă pe Lună cu ajutorul unui puternic telescop, trebuie să fie în realitate nişte prăpăstii uriaşe (fig. 50).

Cerul Lunei

O boltă cerească întunecată

Dacă un pămîntean s-ar trezi pe Lună, ceea ce i-ar atrage în primul rînd atenţia ar fi trei lucruri neobişnuite :

De la început ar observa culoarea curioasă a bolţii cereşti, care poate fi văzută pe Lună în timpul zilei : în locul unui cer albastru obişnuit s-ar întinde în faţa lui o boltă cerească de o culoare absolut neagră, împresurată cu o sumedenie de stele, distinct vizibile, dar care nu sclipesc, în timp ce Soarele ar străluci în toată splendoarea lui ! Cauza acestui fenomen o constituie inexistenţa atmosferei pe Lună.

„Bolta albastră a cerului limpede şi senin — spune Flammarion în limbajul lui atît de pitoresc — bujorii gingaşi

ai zorilor, măreția amurgului de seară, frumusețea fermecătoare a pustiurilor, depărtarea orizontului învăluit în ceața cîmpiilor și a pajiștilor și voi ape strălucitoare ale lacurilor, care din străvechi timpuri oglindiți îndepărtatul azur al cerului și cuprindeți tot infinitul în adîncurile voastre, existența și întreaga voastră frumusețe depind numai și numai de acel înveliș ușor, care se așterne deasupra globului pămîntesc. Fără el niciuna din aceste priveliști, niciuna din aceste culori splendide nu ar exista. În loc de un cer albastru azuriu, v-ar înconjura un spațiu negru, fără de sfîrșit ; în locul mărețului răsărit și apus de Soare, zilele ar fi urmate brusc de nopți, fără nici o schimbare deosebită, și, în același fel, nopțile ar fi urmate de zile. În locul amurgului gingaș, cînd razele Soarelui nu pătrund direct cu lumina lor orbitoare, ar fi luminate puternic numai acele locuri care s-ar găsi direct în bătaia Soarelui, iar restul ar fi scufundat cu totul într-o întunecime de nepătruns."

Este suficientă o cît de infimă rarefiere a atmosferei, pentru ca coloritul albastru al cerului să se închidă, simțitor. Echipajul stratostatului sovietic „Osoaviahim", care a pierit într-un chip atît de tragic, a văzut deasupra lui, la o înălțime de 21 km, un cer aproape negru. Fantasticul tablou de iluminare a naturii, expus în fragmentul de mai sus, poate fi văzut în realitate pe Lună ; cer negru, fără zori și fără amurg, strălucirea orbitoare a locurilor luminate de Soare și întunecimea tot atît de pronunțată, fără semitonuri, a umbrelor.

Pămîntul pe cerul Lunei

A doua curiozitate pe Lună o reprezintă discul uriaș al Pămîntului, suspendat pe cerul ei. Un călător ajuns pe Lună ar rămîne nedumerit văzînd globul pămîntesc *sus* pe cer, știind că l-a lăsat *jos*, în urma sa, cînd și-a luat zborul.

În Univers, noțiunile de jos și sus diferă pentru fiecare corp ceresc în parte. De aceea nu trebuie să vă mirați, dacă, lăsînd Pămîntul jos, cînd ați ajunge pe Lună, l-ați vedea totuși sus.

Suspendat pe cerul Lunei, discul Pămîntului este uriaș. Diametrul lui este aproximativ de patru ori mai mare decît

diametrul discului Lunei văzută de pe Pămînt. Acesta este al treilea element surprinzător pe care îl întîmpină un călător pe Lună. Dacă peisajele pămîntene sînt suficient de iluminate în nopţile cu Lună, atunci nopţile pe Lună trebuie să fie neobişnuit de luminoase, deoarece sînt luminate de discul plin al Pămîntului, de 14 ori mai mare ca discul Lunei. Strălucirea unui corp ceresc luminos nu depinde numai de diametrul lui, ci şi de capacitatea de reflecţie a suprafeţei lui Din acest punct de vedere, suprafaţa Pămîntului depăşeşte de 6 ori pe cea a Lunei [1] ; de aceea discul plin al Pămîntului trebuie să lumineze Luna cu o putere de 90 de ori mai mare decît Luna plină Pămîntul. În „nopţile cu Pămînt plin", pe Lună s-ar putea citi tipărituri scrise cu litere mici. Lumina pe care o răsfrînge Pămîntul asupra Lunei este atît de puternică, încît ea ne permite să identificăm, de la o distanţă de 400 000 km, acea parte a Lunei care se află sub imperiul nopţii şi care se face vizibilă printr-o strălucire neclară în interiorul semilunei înguste ; ea poartă denumirea de „lumina cenuşie" a Lunei. Închipuiţi-vă 90 de Luni pline, revărsînd din cer lumină, şi nu uitaţi că satelitul nostru nu are atmosferă care să absoarbă o parte din lumină, şi vă veţi forma o oarecare imagine a tabloului feeric pe care-l prezintă peisajele pe Lună, învăluite în strălucirea nocturnă a discului plin al Pămîntului.

Cineva de pe Lună ar putea oare să deosebească pe discul Pămîntului contururile oceanelor şi ale continentelor ? Circulă părerea greşită că Pămîntul, văzut pe cerul Lunei, seamănă cu un glob asemănător celui folosit ca material didactic. Tot astfel îl prezintă şi desenatorii cînd redau un tablou al spaţiului cosmic ; globul pămîntesc la ei păstrează contururile continentelor, are poli înzăpeziţi şi alte amănunte

---

[1] Prin urmare, solul Lunei nu este cîtuşi de puţin alb, aşa cum se presupune de obicei, ci mai curînd negru. Acest lucru nu contravine faptului că Luna străluceşte totuşi. „Lumina Soarelui, reflectată de un obiect, fie chiar şi de culoare neagră, rămîne totuşi albă. Dacă Luna ar fi îmbrăcată în catifeaua cea mai neagră, ea ar apărea pe cer tot ca un disc argintiu" – scrie Tyndal, într-o carte a sa despre lumină. Capacitatea cu care împrăştie Luna razele primite de la Soare se poate compara în medie cu capacitatea de reflecţie a rocilor vulcanice de culoare închisă (n. a.).

asemănătoare. Toate acestea sînt de domeniul fanteziei. Privind globul pămîntesc din exterior, nu putem observa detalii de acest fel fără a mai vorbi de nori, care acoperă de obicei jumătate din suprafaţa Pămîntului. Însăşi atmosfera noastră reflectă cu atîta putere razele Soarelui, încît Pămîntul trebuie să fie tot atît de strălucitor şi tot atît de inaccesibil văzului ca şi Venus. Astronomul G. A. Tihov, de la Observatorul Pulkovo, care a studiat această problemă, scrie următoarele :

„Privind Pămîntul din spaţiul cosmic, am vedea un disc de culoarea cerului alburiu şi e problematic dacă am identifica unele detalii ale scoarţei. Uriaşa cantitate de lumină pe care o revarsă Soarele pe Pămînt este dispersată în bună parte în spaţiu de către atmosferă şi impurităţile sale, înainte de a fi ajuns la suprafaţa Pămîntului, iar restul de lumină, reflectat chiar de suprafaţă, îşi pierde intensitatea datorită unei noi difuzii a luminii în atmosferă."

Prin urmare, în timp ce Luna îşi etalează toate detaliile suprafeţei sale, Pămîntul nu-şi arată faţa sa Lunei, şi nici întregului Univers, camuflîndu-se sub vălul strălucitor al atmosferei.

Dar nu numai asta este deosebirea dintre Lună şi Pămînt, vorbind bineînţeles despre rolurile lor inversate. Pe cerul nostru Luna răsare şi apune, descriindu-şi traiectoria o dată cu bolta înstelată. Pe cerul Lunei, Pămîntul nu face o asemenea mişcare. El nu răsare, nu apune şi nu participă la procesiunea armonioasă, extrem de lentă a stelelor. El rămîne aproape nemişcat pe cer, deţinînd, în raport cu fiecare punct de pe Lună, o poziţie anumită, în timp ce stelele *alunecă uşor pe după el.* Aceasta constituie o consecinţă a acelei particularităţi de mişcare a Lunei analizată de noi, care constă în faptul că Luna rămîne întoarsă spre Pămînt mereu cu aceeaşi parte a suprafeţei sale. Pentru un observator de pe Lună, Pămîntul rămîne suspendat aproape în nemişcare pe bolta cerească. Dacă planeta noastră se află la zenitul unui crater oarecare de pe Lună, ea nu părăseşte niciodată poziţia sa şi va fi mereu la zenit. Dacă într-un alt punct ea se vede la orizont, pentru acest punct ea va rămîne veşnic la orizont. Doar libraţiile Lunei, despre care am mai vorbit, strică într-o oarecare măsură această imobilitate. Bolta cerească

efectuează lent mişcarea sa de rotaţie prin spatele discului Pămîntului, într-un inteval egal cu 27 $^1/_3$ de zile ; Soarele face înconjurul cerului în 29$^1/_2$ de zile ; planetele se mişcă şi ele într-un chip asemănător, şi numai Pămîntul rămîne aproape nemişcat pe cerul de culoare neagră.

Rămînînd pe acelaşi loc, Pămîntul se roteşte cu repeziciune în jurul axei sale într-un interval de 24 ore, iar dacă atmosfera noastră ar fi transparentă, Pămîntul ar fi putut servi viitorilor pasageri de pe navele interplanetare drept un admi-

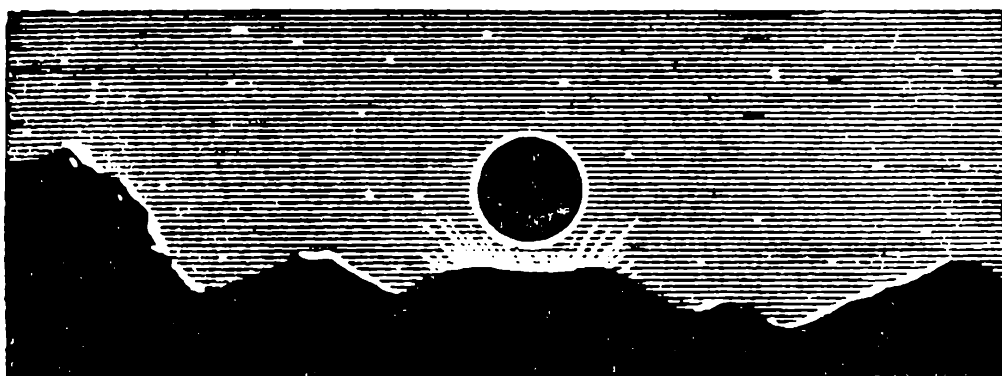


Fig. 51 „Pămînt nou" pe Lună. Discul întunecat al Pămîntului este încercuit cu inelul luminos al atmosferei lui.

rabil ceasornic ceresc. În afară de aceasta, Pămîntul are aceleaşi faze prin care trece Luna pe bolta noastră cerească. Deci, planeta noastră nu luminează de pe cerul Lunei mereu cu aceeaşi suprafaţă a discului ; ea apare cînd în formă de semicerc, cînd în formă de seceră, fie mai plină, fie mai îngustă, cînd în formă de cerc incomplet, avînd în vedere că partea Pămîntului, luminată de Soare şi întoarsă spre Lună, nu rămîne mereu aceeaşi. Dacă veţi schiţa poziţia pe care o deţin Soarele, Pămîntul şi Luna, luate fiecare în raport una faţă de cealaltă, vă veţi convinge cu uşurinţă că Pămîntul şi Luna trebuie să se afle reciproc în faze *inverse*.

Cînd la noi este Lună nouă, un observator de pe Lună trebuie să vadă discul plin al Pămîntului — „Pămînt plin" ; dimpotrivă, cînd aici avem Lună plină, pe Lună este „Pămînt nou" (fig. 51). În timp ce la noi privim secera subţire a Lunei noi, pe Lună poate fi contemplat Pămîntul în descreştere. Remarcăm că porţiunea care descompletează discul

Pămîntului în descreştere este egală cu semiluna îngustă, văzută în acelaşi timp pe cerul nostru. Totuşi, fazele Pămîntului nu se profilează în aceeaşi măsură cu cele ale Lunei ; atmosfera noastră şterge hotarul luminii, creează acea trecere treptată de la noapte la zi şi invers.

O altă deosebire între fazele Lunei şi cele ale Pămîntului constă în următoarele :

Pe Pămînt nu putem vedea Luna nouă din prima zi a existenţei ei. Cu toate că în acel moment, de obicei, ea se află mai sus sau mai jos de Soare (uneori la 5°, adică la o distanţă egală cu de 10 ori diametrul său), astfel încît marginea îngustă a globului Lunei, luminată de Soare, ar putea fi vizibilă, ea rămîne totuşi inaccesibilă ochilor noştri ; lumina modestă a firicelului argintiu al semilunei este copleşită de strălucirea Soarelui. În general, observăm Luna nouă abia după două zile de la apariţia ei, cînd apucă să se distanţeze suficient de Soare ; în cazuri rare (primăvara) o vedem după o singură zi. Nu se petrece acelaşi lucru cu „Pămîntul nou" pe Lună ; acolo nu există atmosferă care să disperseze razele Soarelui şi care să creeze o aureolă. Acolo stelele şi planetele nu dispar în lumina Soarelui, ci se profilează clar pe cer, în imediata apropiere a lui. De aceea, cînd Pămîntul nu se află chiar în faţa Soarelui (adică nu în timpul unei eclipse), ci puţin mai jos sau mai sus de acesta, el se vede în permanenţă pe cerul negru înstelat al satelitului nostru în forma unui semicerc subţire cu capetele îndreptate în direcţia opusă Soarelui (fig. 52). Pe măsură ce Pămîntul se distanţează de Soare, spre stînga, ai impresia certă că semicercul se rostogoleşte tot spre stînga.

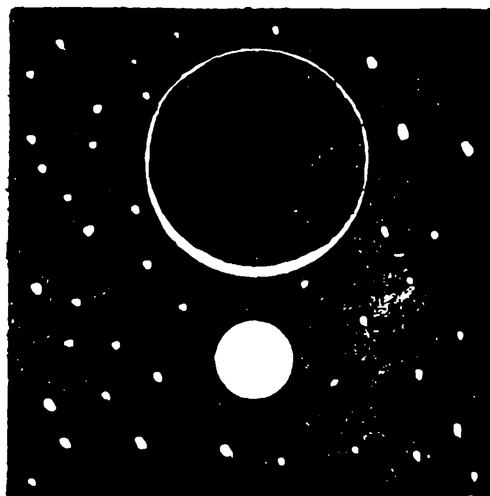


Fig. 52 „Pămînt nou" pe cerul Lunei : discul alb de dedesubt este Soarele.

Un fenomen asemănător cu cel descris mai sus poate fi văzut dacă privim Luna printr-o lunetă nu prea mare ; cînd

este Lună plină, discul satelitului nostru nu ne apare în fața ochilor sub forma unui cerc rotund ; deoarece centrul Lunei, centrul Soarelui și ochiul observatorului nu sînt situate pe aceeași dreaptă, din suprafața completă a discului Lunei lipsește o fîșie îngustă, care alunecă în întuneric spre stînga alături de marginea discului luminat pe măsură ce Luna se distanțează spre dreapta. Pămîntul și Luna, însă, prezintă mereu, una în raport cu cealaltă, faze opuse ; pentru acest

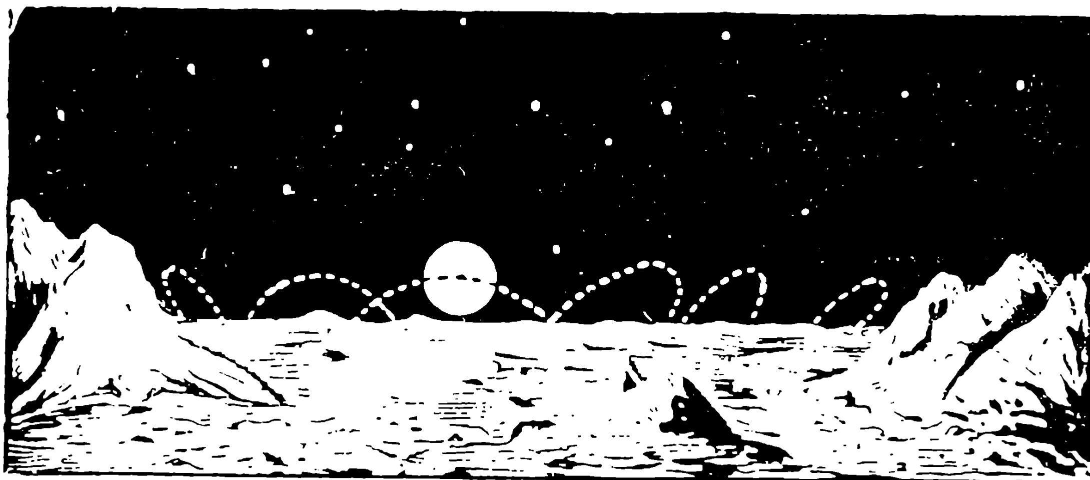


Fig. 53 Mișcările lente ale pămintului în apropierea orizontului unor puncte de pe Lună, o consecință a librației. Liniile punctate reprezintă linia parcursă de centrul Pămîntului.

motiv, în momentul descris mai sus, un observator de pe Lună ar trebui să vadă semicercul îngust al „Pămîntului nou".

Am remarcat în treacăt că librațiile Lunei fac ca Pămîntul să nu rămînă absolut imobil pe cerul ei ; el oscilează față de poziția sa medie în direcția nord-sud cu aproximativ 14°, iar în direcția est-vest cu 16°. Pentru locurile de pe Lună, unde Pămîntul se vede la orizont, s-ar crea impresia că el uneori apune, pentru ca după o scurtă vreme să răsară din nou, descriind astfel interesante linii curbe (fig. 53). Acest original apus sau răsărit al Pămîntului, numai într-un singur loc al orizontului, fără înconjurul întregii bolți cerești, poate dura aici timp de mai multe zile pămîntene

Eclipsele pe Lună

La tabloul bogat al cerului Lunei vom mai adăuga încă o priveliște cerească, denumită *eclipsă*. Pe Lună se pot observa două feluri de eclipse : de Soare și de „Pămînt". Eclipsele de Soare pe Lună nu seamănă cu cele pe care le cunoaștem noi, aici, pe Pămînt. Totuși, ele sînt de mare efect. Aceste eclipse au loc pe Lună în momentul cînd pe Pămînt avem eclipsă de Lună, deoarece în acest timp Pămîntul se așază pe linia care unește centrele Soarelui și Lunei. Satelitul nostru

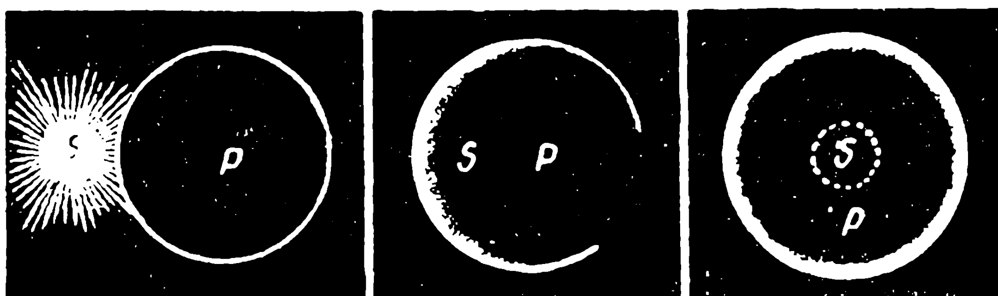


Fig. 54 Fazele eclipsei de Soare pe Lună : Soarele „S" trece treptat în spatele Pămîntului „P", care rămîne suspendat în nemișcare pe cerul Lunei.

se află, în această clipă, în interiorul umbrei pe care o lasă globul pămîntesc. Cine a văzut Luna într-o astfel de eclipsă, știe că ea nu este complet lipsită de lumină și nu dispare din văzul nostru ; ea poate fi văzută de obicei în lumina razelor *roșii-vișinii* care pătrund în interiorul umbrei pămîntului. Dacă ne-am transporta în acest moment pe Lună și am privi de acolo Pămîntul, am înțelege imediat de unde vine această lumină roșiatică ; în timpul unei eclipse, Pămîntul, postîndu-se în fața Soarelui și acoperindu-l (pe cerul Lunei Soarele este mult mai mic ca Pămîntul), el apare ca un disc negru încercuit de marginea roșiatică a atmosferei sale. Această margine luminează cu acea lumină roșiatică Luna cufundată în umbră.

Eclipsele de Soare văzute de pe Lună nu durează cîteva minute, ca cele de pe Pămînt, ci peste 4 ore, tot atît cît durează eclipsele de Lună pe Pămînt. În definitiv, ele sînt identice cu eclipsele noastre de Lună și le putem considera ca atare, cu singura deosebire că ele pot fi văzute de pe Lună și nu de pe Pămînt.

În ceea ce privește eclipsele de „Pămînt", ele sînt atît de neînsemnate, încît aproape că nu merită denumirea de eclipse. Ele au loc în clipa cînd pe Pămînt sînt eclipsele de Soare. „Locuitorii" Lunei ar putea vedea în acest timp pe marele disc al Pămîntului un cerc negru mic, care se mișcă și care ar reprezenta acele fericite regiuni de pe Pămînt de unde se poate contempla o eclipsă de Soare.

Trebuie să remarcăm faptul că eclipse de felul eclipselor de Soare vizionate pe Pămînt nu pot fi observate în nici un alt loc din sistemul nostru planetar. Această priveliște excepțională o datorăm unei circumstanțe întîmplătoare : Luna, care acoperă Soarele în timpul unei eclipse, se află mai aproape de noi decît Soarele exact de atîtea ori, de cîte ori diametrul Lunei este mai mic decît cel al Soarelui. O asemenea coincidență nu se mai repetă la nici o altă planetă.

Pentru ce urmăresc astronomii eclipsele ?

Mulțumită circumstanței mai sus-amintite, umbra conică lungă, pe care o tîrăște în permanență după sine satelitul nostru, ajunge exact pînă la suprafața Pămîntului (fig. 55). De fapt, lungimea *medie* a umbrei conice a Lunei este mai mică decît distanța *medie* dintre Lună și Pămînt. Deci, dacă nu am avea decît valori medii, am ajunge la concluzia că pe Pămînt nu pot avea loc eclipse totale de Soare. În realitate au loc datorită faptului că Luna se mișcă în jurul Pămîntului pe o elipsă și în unele părți ale orbitei se găsește cu 42 200 km mai aproape de suprafața Pămîntului decît în celelalte : distanța între Lună și Pămînt variază între 356 900 și 399 100 km.

Alunecînd pe suprafața Pămîntului, vîrful umbrei lăsate de Lună schițează pe această suprafață „zona de vizibilitate a eclipsei de Soare". Lățimea acestei zone este de maximum 300 km, așa încît numărul de oameni din centrele populate, care sînt favorizate de a admira priveliștea unei eclipse de Soare, este de fiecare dată destul de limitat. Dacă mai adăugăm la aceasta și faptul că durata unei eclipse de Soare se reduce la cîteva minute (maximum 8), vom vedea că o eclipsă totală de Soare este un fenomen extrem de rar.

Pentru fiecare punct dat al globului pămîntesc, o priveliște de acest fel poate fi văzută o dată la două-trei sute de ani.

De aceea, savanții „vînează“ pur și simplu eclipsele de Soare, organizînd expediții speciale în acele locuri ale globului pămîntesc, adeseori foarte îndepărtate, de unde pot observa acest fenomen. Eclipsa de Soare din anul 1936 (19 iunie) s-a manifestat ca eclipsă totală numai pe teritoriul Uniunii Sovietice, și de dragul vizionării, timp de două minute a acestui fenomen, au sosit în U.R.S.S. 70 de savanți

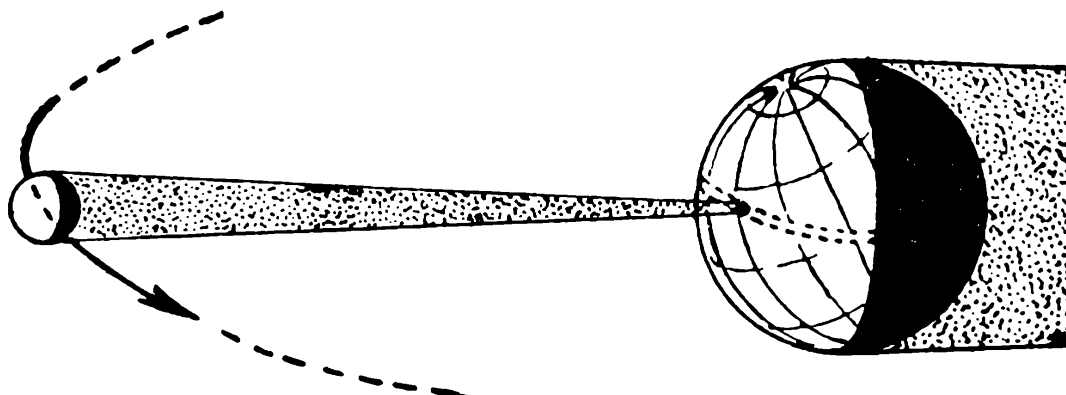


Fig. 55 Vîrful conului de umbră purtată de Lună alunecă pe suprafața pămîntului ; prin locurile pe unde trece are loc o eclipsă de Soare.

din zeci de state diferite. Tot atunci, lucrările a patru expediții au fost zădărnicite, din cauza timpului noros. Lucrările astronomilor sovietici în scopul observării acestei eclipse au fost de o amploare extraórdinară. În zona eclipsei totale au fost trimise circa 30 de expediții sovietice.

În anul 1941, deși era război, Guvernul Sovietic a organizat o serie de expediții, care au fost plasate de-a lungul zonei de eclipsă totală, de la Lacul Ladoga și pînă la Alma-Ata. În anul 1947, o expediție sovietică a fost trimisă în Brazilia, pentru a observa eclipsa totală care a avut loc la 20 mai. O deosebită amploare s-a dat în U.R.S.S. lucrărilor de cercetare a eclipselor totale de Soare din 25 februarie 1952 și 30 iunie 1954.

Eclipsele de Lună, deși au o periodicitate de 1,5 ori mai mică decît eclipsele de Soare, *se observă* mult mai des. Acest paradox astronomic are o explicație extrem de simplă.

Eclipsa de Soare poate fi văzută de pe planeta noastră numai într-o zonă limitată, unde Luna acoperă Soarele ; în

limitele acestei zone, eclipsa de Soare pentru unele puncte este totală, pentru altele este parţială (adică numai o parte a Soarelui este umbrită). Momentul în care se produce eclipsa de Soare diferă şi el de la loc la loc, nu pentru că ar exista diferenţe în calculul de timp, ci pentru faptul că umbra Lunei se deplasează pe suprafaţa Pămîntului şi acoperă diferite puncte ale acestuia la momente de timp diferite.

Eclipsa de Lună se petrece cu totul altfel. Ea poate fi văzută simultan de pe întreaga jumătate a globului pămîntesc, de unde poate fi văzută în acel moment Luna ; cu alte cuvinte, atunci cînd Luna se află deasupra orizontului. Fazele consecutive ale eclipsei de Lună se desfăşoară pentru toate punctele de pe suprafaţa Pămîntului în acelaşi moment, deosebirea este condiţionată doar de calculul timpului.

Iată de ce astronomul nu „vînează" eclipsele de Lună ; ele vin singure la dînsul. Pentru a „prinde" însă o eclipsă de Soare, este nevoie uneori să faci călătorii îndepărtate. Astronomii organizează expediţii pe insulele tropicale, departe spre răsărit sau spre apus, numai pentru a vedea, timp de cîteva minute, acoperirea discului solar de către discul negru al Lunei.

Se pune întrebarea dacă are vreun sens să se organizeze expediţii atît de costisitoare pentru cercetări de durată atît de scurtă. Nu s-ar putea efectua aceleaşi cercetări, fără a mai aştepta ocazia cînd Luna acoperă Soarele ? De ce astronomii nu recurg la o eclipsă artificială a Soarelui, acoperind în telescop discul Soarelui cu un cerc opac ? S-ar părea că, în aceste condiţiuni, se poate cerceta fără prea multă bătaie de cap partea periferică a Soarelui, care interesează atît de mult pe astronomi în timpul eclipselor.

Cu toate acestea, o eclipsă artificială de Soare nu poate oferi aceleaşi rezultate ca cele ce se obţin în timpul cercetărilor unei eclipse reale. Explicaţia este următoarea : razele Soarelui, înainte de a ajunge la noi, trec prin atmosfera Pămîntului şi sînt difuzate aici de către particulele de aer. Acesta este motivul pentru care cerul ne apare în timpul zilei de culoare albastră şi nu de culoare neagră, împînzit de stele, aşa cum ne-ar apărea şi în timpul zilei, dacă nu ar exista atmosferă. Acoperind Soarele cu un cerc opac, privirea

noastră cuprinde totuşi imensitatea bolţii cereşti. Deşi razele directe ale Soarelui nu mai ajung la ochiul nostru, atmosfera de deasupra noastră continuă să rămînă inundată de lumina Soarelui şi difuzează mai departe razele lui, întunecînd stelele. Acest lucru nu se petrece dacă ecranul de camuflare a Soarelui se află dincolo de atmosferă. Luna reprezintă un astfel de ecran care se găseşte faţă de Pămînt la o depărtare de o mie de ori mai mare decît extremitatea practică a atmosferei noastre. Razele Soarelui sînt reţinute de acest ecran înainte de a pătrunde în atmosfera Pămîntului, pentru care motiv în zona eclipsei de Soare nu mai are loc difuzia luminii. Totuşi, în regiunile umbrite mai pătrund cîteva raze de Soare, care sînt reflectate de regiunile luminoase învecinate, şi de aceea într-o eclipsă totală cerul nu este atît de negru ca la miezul nopţii ; numai cele mai strălucitoare stele pot fi văzute în timpul eclipsei totale.

Care sînt problemele pe care le abordează astronomii în timpul unei eclipse totale de Soare ? Vom menţiona cele mai importante dintre ele.

Prima — cercetarea fenomenului de „inversiune“ a liniilor spectrale în învelişul exterior al Soarelui. Liniile spectrului solar, care, în condiţiuni obişnuite, sînt întunecoase pe fîşia luminoasă a spectrului, în momentul acoperirii totale a discului Soarelui de către Lună devin pentru cîteva clipe luminoase pe fondul negru : spectrul de absorbţie se transformă într-un spectru de emisiune. Acesta este aşa-numitul „spectru fulger“. Acest fenomen, care oferă un material atît de preţios în stabilirea naturii învelişului exterior al Soarelui, ar putea fi cercetat în anumite împrejurări, fără a mai aştepta eclipsele de Soare. Cu toate acestea, pentru că el se manifestă cu atîta claritate în timpul eclipselor, astronomii se străduiesc să nu piardă o astfel de ocazie.

A doua problemă este cercetarea *coroanei solare*. Vizibilitatea coroanei constituie un fenomen dintre cele mai interesante care pot fi urmărite în timpul unei eclipse de Soare : în jurul discului absolut negru al Lunei, împrejmuit de erupţiile de foc („protuberanţe“) ale învelişului exterior al Soarelui, străluceşte o aureolă de mărgăritar, care la fiecare eclipsă capătă forme şi dimensiuni diferite (fig. 56). Razele foarte lungi ale acestei aureole adesea depăşesc diametrul Soarelui

de cîteva ori, în timp ce strălucirea lor atinge, în mod obişnuit, doar jumătate din strălucirea Lunei pline.

În timpul eclipsei din anul 1936, coroana solară a avut o strălucire excepţională, depăşind strălucirea Lunei pline, ceea ce se întîmplă foarte rar. Razele lungi, oarecum şterse, ale coroanei se prelungeau pe o distanţă de peste trei ori mai mare ca diametrul Soarelui ; coroana, în întregime, avea aspectul unei stele cu cinci colţuri, al cărui centru era blocat de discul întunecat al Lunei.

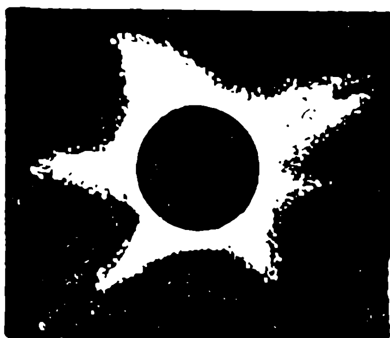


Fig. 56 În momentele totalităţii unei eclipse totale de Soare, în jurul discului întunecat al Lunei, se observă „coroana solară".

Pînă în prezent nu s-a elucidat în mod definitiv de ce natură este coroana solară. Astronomii, în timpul eclipselor, fotografiază coroana, măsoară strălucirea ei, îi cercetează spectrul. Toate acestea contribuie la studiul constituţiei sale fizice.

Cea de-a treia problemă, abordată numai în ultimele decenii, constă în verificarea unei consecinţe a teoriei generale a relativităţii generalizate. Potrivit teoriei relativităţii, razele stelelor, trecînd prin vecinătatea Soarelui, sub puternica influenţă a forţei de atracţie a acestuia, suferă o deviere care trebuie să se constate prin deplasarea aparentă a stelelor în apropierea discului solar (fig. 57). Verificarea acestei consecinţe este posibilă numai în momentele eclipselor totale de Soare.

Măsurătorile efectuate în timpul eclipselor din anii 1919, 1922, 1926 şi 1936 nu au dat rezultate hotărîtoare, iar problema confirmării experimentale a sus-amintitei consecinţe a teoriei relativităţii rămîne deschisă şi în zilele noastre [1].

Acestea sînt scopurile pentru care astronomii îşi părăsesc observatorul lor, plecînd pe meleaguri îndepărtate, uneori lipsite de ospitalitate, spre a observa eclipsele de Soare.

---

[1] Devierea propriu-zisă s-a confirmat, dar nu a fost stabilită concordanţa cantitativă deplină cu teoria. Cercetările prof. A. A. Mihailov au dus la necesitatea revizuirii, din anumite puncte de vedere, a însăşi teoriei acestui fenomen (n. a.).

În ceea ce privește însăși priveliștea pe care o reprezintă o eclipsă totală de Soare, există în literatura beletristică sovietică o descriere minunată a acestui fenomen rar al naturii [1]. Dăm un fragment din această povestire cu omisiuni lipsite de importanță :

„Soarele dispare o clipă într-o pată mare, cețoasă, pentru a apărea apoi, de după nori, cu discul sensibil ciuntit...

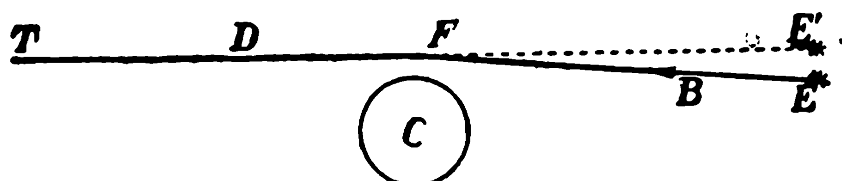


Fig. 57 O consecință a teoriei relativității generalizate – devierea razelor de lumină sub influența forței de atracție a Soarelui. Potrivit teoriei relativității, un observator terestru aflat în punctul „T" vede o stea în punctul E în direcția dreptei TDFE, pe cînd, în realitate, steaua se află în punctul E și își trimite razele pe linia deviată EBFDT. Dacă nu ar fi Soarele, raza de lumină pornind din steaua E spre punctul T de pe pămînt ar parcurge dreapta ET.

Acum se vede cu ochiul liber la ce ajută vaporii transparenți, care încă mai plutesc în aer, făcînd mai suportabilă strălucirea orbitoare.

E liniște. Pe ici pe colo se aude cineva respirînd greoi și nervos...

Trece o jumătate de oră. Ziua este aproape tot așa de luminoasă ca și pînă acum, norii vin și pleacă, lăsînd în urma lor Soarele, care, sub forma unei seceri, plutește în adîncurile înălțimilor.

Printre tineri domnește o înviorare și o curiozitate lipsită de griji.

Bătrînii respiră sacadat, bătrînele oftează într-un fel cam isteric, iar unii aproape că se vaietă și se jelesc, de parcă i-a apucat durerea de dinți.

[1] Este vorba de povestirea „Eclipsa" de V. G. Korolenko, care se referă la eclipsa ce a avut loc în luna august a anului 1887. Observarea eclipsei a fost făcută de pe malul fluviului Volga, în orașul Iurevțo (n. a.).

Ziua începe să se întunece simţitor. Feţele oamenilor iau o înfăţişare de teamă, umbrele lor se profilează pe pămînt, palide, neclare. În josul apei trece un vapor, ca o fantomă. Contururile lui nu mai sînt precise, au pierdut claritatea culorilor. Cantitatea de lumină descreşte ; deoarece lipsesc umbrele înguste ale serii, lipseşte jocul de lumină reflectat în straturile de jos ale atmosferei. Acest amurg pare nefiresc şi curios. Ai impresia că peisajul se topeşte încet, iarba îşi pierde culoarea ei verde, dealurile nu mai sînt masive.

Totuşi, atîta timp cît pe cer mai rămîne secera îngustă a Soarelui, mai dăinuie imaginea unei zile mai întunecoase, iar eu credeam că ceea ce se spune despre întunecimea din timpul unei eclipse sînt exagerări. E posibil oare ca această neînsemnată luminiţă din Soare, rămasă încă pe cer, ca o ultimă lumînare uitată în uriaşul Univers, să aibă atîta importanţă ?

Iată că luminiţa a dispărut. A mai făcut o ultimă sforţare, smulgîndu-se parcă cu forţa de după perdeaua neagră, şi a mai trimis o ultimă picătură din lumina ei, ca apoi să se stingă. În aceeaşi clipă s-a aşternut pe pămînt un întuneric de nepătruns. Am prins momentul cînd în toiul amurgului, s-a strecurat umbra neagră a nopţii. Ea s-a ivit la sud şi, ca un coviltir uriaş, s-a aşternut cu repeziciune peste dealuri, rîuri şi cîmpii, cuprinzînd întreaga boltă cerească, ne-a învăluit pe toţi şi într-o clipă a coborît spre orizontul de la nord. Acum mă aflam jos, pe bancul de nisip, privind spre mulţime. Acolo domnea o linişte mormîntală... Figurile oamenilor se contopeau într-o singură masă întunecoasă...

Aceasta nu era însă o noapte obişnuită. Era atîta lumină, încît ochii, fără voie, căutau discul argintiu al Lunei. Dar pe cer nu strălucea nimic ; cerul nu se lumina de nicăieri. Părea că o cenuşă transparentă şi uşoară, inaccesibilă ochiului, s-a revărsat deasupra Pămîntului, sau că în aer stătea în suspensie o plasă fină şi deasă. În acelaşi timp, acolo, departe, în părţile laterale ale straturilor superioare sînt adîncurile îndepărtate şi luminoase ale înălţimilor văzduhului, care răzbat în întunericul nostru, contopindu-i umbrele şi lipsindu-l de forma şi desimea lui. Iar peste această panoramă ciudată şi confuză a naturii aleargă norii, în mijlocul

cărora se dă o luptă acerbă... Corpul rotund, întunecos şi vătămător s-a înfipt ca un păianjen în Soarele luminos gonind în înălţimile cerului. Deodată o lumină curioasă, care se revarsă în sclipiri schimbătoare de după cercul întunecos, dă priveliştii mobilitate şi viaţă, iar norii intensifică această iluzie, prin goana lor descumpănită şi fără zgomot."

Eclipsele de *Lună* nu prezintă pentru astronomii contemporani acelaşi interes pe care-l au eclipsele de Soare. Strămoşii noştri găseau în eclipsele de Lună ocazii potrivite spre a se convinge de forma sferică a Pămîntului. Este instructiv să amintim aici rolul pe care l-a avut această dovadă în istoria înconjurului lumii, săvîrşit pe apă de Magellan. Atunci cînd, după o călătorie îndelungată şi istovitoare de-a lungul apelor pustii ale Oceanulu Pacific, pe marinari i-a cuprins desperarea crezînd că s-au îndepărtat de uscat în imensitatea nesfîrşită a apei fără putinţă de întoarcere, singur Magellan nu şi-a pierdut curajul. „Cu toate că biserica susţinea în permanenţă, pe baza scrierilor sfinte, că Pămîntul este o suprafaţă dreaptă înconjurată de ape — povesteşte însoţitorul marelui navigator — Magellan era convins de următorul fapt : în timpul eclipselor de Lună, umbra pe care o aruncă Pămîntul asupra ei este rotundă şi se ştie că forma umbrei este şi forma obiectului care lasă acea umbră..." În cărţile vechi, de astronomie, găsim chiar desene care explică dependenţa formei pe care o are umbra de pe Lună, de forma Pămîntului (fig. 58).

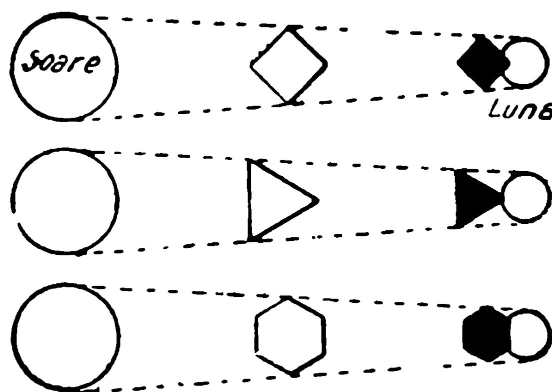


Fig. 58. Un desen din timpuri străvechi care demonstrează că după umbra Pămîntului aruncată pe discul Lunei se poate deduce însăşi forma lui.

În prezent nu mai avem nevoie de astfel de dovezi. În schimb, eclipsele de Lună ne oferă posibilitatea de a aprecia structura straturilor superioare ale atmosferei *Pămîntului,* după strălucirea şi coloritul Lunei. După cum ştim, Luna nu dispare fără urmă în umbra Pămîntului, ci continuă să

rămînă vizibilă datorită razelor solare care pătrund în interiorul umbrei conice. Intensitatea de iluminare a Lunei, precum şi nuanţele de culori pe care le are prezintă pentru astronomi un mare interes şi au o legătură surprinzătoare cu numărul petelor solare. În afară de aceasta, în ultimul timp, fenomenul eclipselor de Lună este folosit pentru a se măsura viteza de răcire a scoarţei Lunei în timp ce este lipsită de căldura Soarelui.

De ce eclipsele se repetă la fiecare 18 ani?

Cu mult înainte de era noastră, cercetătorii babiloneni ai cerului au observat că o serie de eclipse — de Lună şi de Soare — se repetă la fiecare 18 ani şi 10 zile. Această perioadă era denumită „Saros". Făcînd uz de ea, cei din antichitate preziceau eclipsele fără a şti, însă, cauzele care condiţionau această periodicitate atît de exactă şi de ce anume „Saros"-ul avea tocmai această durată. Explicaţia caracterului periodic al eclipselor a fost găsită mult mai tîrziu, în urma studierii minuţioase a mişcărilor Lunei.

Care este timpul de rotaţie a Lunei pe orbita sa? Răspunsul la întrebare poate fi diferit, în funcţie de momentul în care socotim că Luna şi-a închis circuitul în jurul Pămîntului. Astronomii au cinci feluri de luni, dintre care pe noi ne interesează numai două:

1. Aşa-numita lună „sinodică", adică intervalul de timp în decursul căruia Luna săvîrşeşte pe orbita ei o rotaţie completă, *această mişcare urmărindu-se de pe Soare.* Perioada de timp se încadrează între două faze egale ale Lunei, spre exemplu de la o Lună nouă la altă Lună nouă. Ea este egală cu 29,5306 zile.

2. Aşa-numita lună „draconitică", adică un interval de timp în care Luna revine la acelaşi „nod" de pe orbita sa („nod" este punctul de intersecţie a orbitei Lunei cu planul orbitei Pămîntului). Durata unei astfel de luni este de 27,2122 zile.

Eclipsele, lucru uşor de înţeles, au loc numai atunci cînd Luna, în fazele ei de Lună nouă sau Lună plină, se găseşte

într-unul din nodurile sale ; în acel moment, centrul ei se află pe aceeaşi dreaptă cu centrul Pămîntului şi al Soarelui. Este evident că dacă eclipsa a avut loc azi, ea trebuie să revină într-o perioadă de timp care să includă un *număr întreg de luni sinodice şi draconitice :* atunci se repetă din nou condiţiile care însoţesc eclipsele.

Cum putem găsi aceste intervale de timp ? Pentru asta trebuie să rezolvăm următoarea ecuaţie :

$$29\ 5306\ x = 27\ 2122\ y\ .$$

unde x şi y sînt numere întregi.

Luînd-o sub formă de proporţie

$$\frac{x}{y} = \frac{272\,122}{295\,306}$$

constatăm că soluţiile minime *exacte* ale acestei ecuaţii sînt :

$$x = 272122.y = 295306$$

Obţinem o perioadă de timp uriaşă, de zeci de mii de ani, care din punct de vedere practic nu este interesantă. Astronomii din antichitate se mulţumeau cu un rezultat *aproximativ.* Metoda cea mai bună pentru obţinerea rezultatelor prin aproximaţie în astfel de cazuri o constituie fracţia continuă. Să transformăm fracţia

$$\frac{295\,306}{272\,122}$$

în fracţie continuă. Se procedează în felul următor. Scoatem întregul şi atunci avem

$$\frac{295\,306}{272\,122} = 1 + \frac{23\,184}{272\,122}$$

Impărţim numărătorul şi numitorul la numărător :

$$\frac{295\,306}{272\,122} = 1 + \cfrac{1}{11 + \cfrac{17\,098}{23\,184}}$$

Numărătorul şi numitorul fracţiei $\frac{17\,098}{23\,184}$ le împărţim la numărător şi aşa mai departe.

În ultimă instanță, obținem :

$$\frac{295\,306}{272\,122} = 1 + \cfrac{1}{11 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{17 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{7}}}}}}}}}$$

Din acest șir dacă luăm primele valori și le înlăturăm pe celelalte, obținem următoarele aproximații :

$$\frac{12}{11};\ \frac{13}{12};\ \frac{38}{35};\ \frac{51}{47};\ \frac{242}{223};\ \frac{1019}{939}\ \text{etc.}$$

A cincea fracție din această înșiruire ne oferă suficientă exactitate. Dacă ne-am opri la ea, considerînd deci pe $x = 223$, iar pe $y = 242$, în acest caz termenul de periodicitate a eclipselor va fi egal cu 223 luni sinodice sau cu 242 luni draconitice. Aceasta constituie 6585 1/3 zile, adică 18 ani și 11,3 zile (sau 10,3 zile) [1].

Iată deci proveniența „Saros"-ului.

Știind de unde provine, ne putem da seama cu cîtă exactitate se pot prezice eclipsele cu ajutorul său. Socotind Sarosul egal cu 18 ani și 10 zile, rămîne un rest de 0,3 zile. Acest lucru trebuie să aibă ca urmare faptul că eclipsele, prevăzute într-o perioadă astfel prescurtată, vor avea loc *la o altă oră* din zi decît cea precedentă (aproximativ cu 8 ore mai tîrziu), și numai dacă facem uz de o perioadă egală cu perioada întreită a Sarosului exact, eclipsele se vor repeta la aproape aceleași ore din zi. În afară de asta, Sarosul nu ia în considerație schimbările de *distanță* dintre Lună și Pămînt sau dintre Pămînt și Soare, schimbări care își au și ele periodicitatea lor ; în funcție de aceste distanțe eclipsa de Soare este totală sau parțială. De aceea, Sarosul are posibilitatea să anticipeze numai faptul că în cutare zi vom avea

---

[1] Depinde de faptul dacă în perioada respectivă avem 4 sau 5 ani bisecți (n. a.).

eclipsă ; Sarosul nu poate preciza, însă, că această eclipsă va fi totală, parţială sau inelară, sau că ea va putea fi observată din aceleaşi locuri ca şi data precedentă.

În sfîrşit, se mai întîmplă ca o eclipsă parţială neînsemnată a Soarelui peste 18 ani să-şi reducă faza la zero, ceea ce înseamnă că ea nu mai are loc ; sau, dimpotrivă, uneori se observă mici eclipse parţiale de Soare, neînregistrate pînă atunci.

În zilele noastre, astronomii nu mai folosesc Sarosul. Mişcările capricioase ale satelitului Pămîntului se cunosc atît de bine, încît eclipsele sînt calculate astăzi cu o precizie de secunde. Dacă eclipsa prevăzută nu ar avea loc, savanţii contemporani ar fi gata să admită orice, exceptînd o greşeală de calcul. Acest lucru se menţionează de către Jules Verne, care, într-o carte a sa, povesteşte despre un astronom care pleacă într-o expediţie polară, cu scopul de a asista la o eclipsă de Soare. În ciuda faptului că a fost anticipată, eclipsa totuşi nu a avut loc. Care a fost concluzia astronomului ? El a declarat celor ce-l însoţeau că suprafaţa de gheaţă pe care se afla nu face parte din continent, ci este un gheţar plutitor, deplasat de curenţii maritimi în afara zonei unde urma să aibă loc eclipsa. Această afirmaţie s-a adeverit curînd. Iată un exemplu de încredere oarbă în puterea ştiinţei.

E posibil oare ?

Martori oculari povestesc că li s-a întîmplat să observe în timpul unei eclipse de Lună pe o parte a cerului la orizont discul Soarelui, iar pe cealaltă parte — discul întunecat al Lunei.

Astfel de fenomene au fost semnalate şi în anul 1936, la 4 iulie, cînd a avut loc o eclipsă parţială de Lună. „La 4 iulie Luna a răsărit la orele 20 şi 31 minute seara ; la ora 20 şi 46 minute apunea Soarele, iar în clipa cînd răsărea Luna, s-a produs o eclipsă, cu toate că atît Luna cît şi Soarele se puteau vedea concomitent deasupra orizontului. M-a surprins extrem de mult acest fenomen, deoarece razele

de lumină se propagă în linie dreaptă" — îmi scria unul dintre cititorii acestei cărţi.

Într-adevăr, fenomenul este enigmatic ; deşi, în pofida convingerilor unei tinere fete dintr-o povestire a lui Cehov, nu se poate vedea, printr-o sticlă neagră, „linia care uneşte centrul Soarelui şi al Lunei" ; noi, însă, ne-o putem foarte bine imagina. Poate avea loc o eclipsă dacă Pămîntul nu se află între Lună şi Soare, iar umbra lui nu acoperă Luna ? Poate fi crezută o astfel de afirmaţie susţinută de un martor ocular ?

În realitate un astfel de fenomen este perfect verosimil. Faptul că Soarele şi Luna, în eclipsă, pot fi văzute în acelaşi timp, se explică prin devierea razelor de lumină în atmosfera Pămîntului. Datorită acestei devieri a razelor, care se numeşte „refracţie atmosferică", avem iluzia optică că orice corp luminos se află pe bolta cerească *mai sus* decît în realitate (vezi fig. 15). Cînd vedem Luna sau Soarele aproape de orizont, din punct de vedere geometric ele se află *mai jos* decît orizontul. În concluzie, nu este imposibil ca, în timpul unei eclipse, să vedem concomitent ambele discuri, atît cel al Soarelui, cît şi discul întunecat al Lunei, deasupra orizontului.

„De obicei — ne spune în legătură cu aceasta Flammarion — se indică eclipsele din anii 1666, 1668 şi 1750, în care această ciudată particularitate s-a manifestat mai pronunţat. Dar nu e nevoie să ne întoarcem cu atîţia ani în urmă. La 15 februarie 1877, la Paris, Luna răsărise la ora 5 şi 29 minute. Soarele apunea la ora 5 şi 39 minute ; cu toate acestea, eclipsa totală de Lună începuse. La 4 decembrie 1880, tot la Paris, a avut loc o eclipsă totală de Lună ; în acea zi Luna a răsărit la ora 4, iar Soarele a apus la 4 şi 2 minute, iar eclipsa de Lună era la jumătatea timpului său, căci începuse la ora 3 şi 3 minute şi a durat pînă la ora 4 şi 33 minute. Faptul că acest fenomen nu se observă prea des se datoreşte numai lipsei de martori oculari. Spre a putea vedea Luna în plină eclipsă înainte de apusul Soarelui, trebuie doar să alegi pe globul pămîntesc un loc unde să vezi Luna la orizont chiar în toiul eclipsei."

Ceea ce mulţi nu ştiu despre eclipse

Întrebări

1. Cît timp poate dura o eclipsă de Soare şi cît timp o eclipsă de Lună ?

2. Cîte eclipse, în total, pot avea loc într-un an ?



Fig. 59. Petele de lumină în umbra frunzelor unui pom, în timpul unei faze de eclipsă parţială, au forma de semilună.

3. Sînt ani în decursul cărora nu are loc nici o eclipsă de Soare sau de Lună ?

4. Cînd se va putea observa, în viitorul apropiat, în U.R.S.S., o eclipsă totală de Soare ?

5. În timpul unei eclipse de Soare, din care parte se suprapune pe Soare discul negru al Lunei — din stînga sau din dreapta ?

6. Care margine a Lunei începe să se întunece mai întîi în timpul unei eclipse — dreapta sau stînga ?

7. De ce în timpul unei eclipse de Soare petele de lumină din umbra frunzelor unui pom au formă de seceră ? (fig. 59).

8. Care este diferenţa între forma de semicerc a Soarelui, observată în timpul unei eclipse, şi forma obişnuită a semilunei ?

9. De ce eclipsa de Soare se urmăreşte printr-o sticlă neagră ?

Răspunsuri

1. Durata maximă a unei faze complete a eclipsei de Soare este de 7 ½ minute (aceasta la Ecuator ; la latitudinile mai înalte durata se reduce). Toate fazele eclipsei se pot prelungi pînă la 4 ½ ore (la Ecuator).

Durata fazelor eclipsei de Lună, în total, poate atinge pînă la 4 ore. Intervalul în care Luna se găseşte complet în umbră se poate prelungi maximum 1 oră şi 50 de minute.

2. În decurs de un an, cel mai mare număr de eclipse — de Lună şi de Soare la un loc — este de 7, iar cel mai mic este de 2 (în 1935 au avut loc 7 eclipse : 5 eclipse de Soare şi 2 eclipse de Lună).

3. *Eclipsele de Soare* se repetă în fiecare an : nu există an în care să nu aibă loc cel puţin două eclipse de Soare. *Eclipsele de Lună* nu au o periodicitate anuală. Ani fără eclipse de Lună sînt relativ mulţi, aproximativ din cinci în cinci ani.

4. Viitoarea eclipsă totală de Soare, vizibilă în U.R.S.S., va avea loc la 15 februarie 1961. Zona eclipsei totale va trece prin Crimeea, Stalingrad, Siberia de vest.

5. În emisfera nordică a Pămîntului, discul Lunei se suprapune pe discul Soarelui de la dreapta spre stînga. Prima atingere a discului Lunei şi a Soarelui trebuie să o aşteptăm în *partea dreaptă.* În emisfera sudică — în partea stîngă (fig. 60).

6. În emisfera de nord Luna intră în umbra Pămîntului cu partea ei *stîngă ;* în emisfera sudică cu partea ei *dreaptă.*

7. Petele de lumină din umbra frunzişului nu sînt altceva decît imaginea Soarelui. În timpul eclipsei Soarele are formă de seceră şi aceeaşi formă trebuie să o capete imaginea lui, proiectată în umbra frunzişului (fig. 59).

8. *Semiluna* este mărginită în exterior de un semicerc, iar în interior de o semielipsă. *Semidiscul Soarelui* este măr-

ginit atît în exterior, cît şi în interior, de două arcuri de cerc, a căror rază este aceeaşi.

9. Soarele, deşi acoperit parţial de Lună, nu poate fi privit cu ochiul liber. Razele Soarelui orbesc partea cea mai sensibilă a retinei ochiului, slăbind simţitor agerimea ochiului pentru o perioadă îndelungată, uneori chiar pentru toată viaţa.

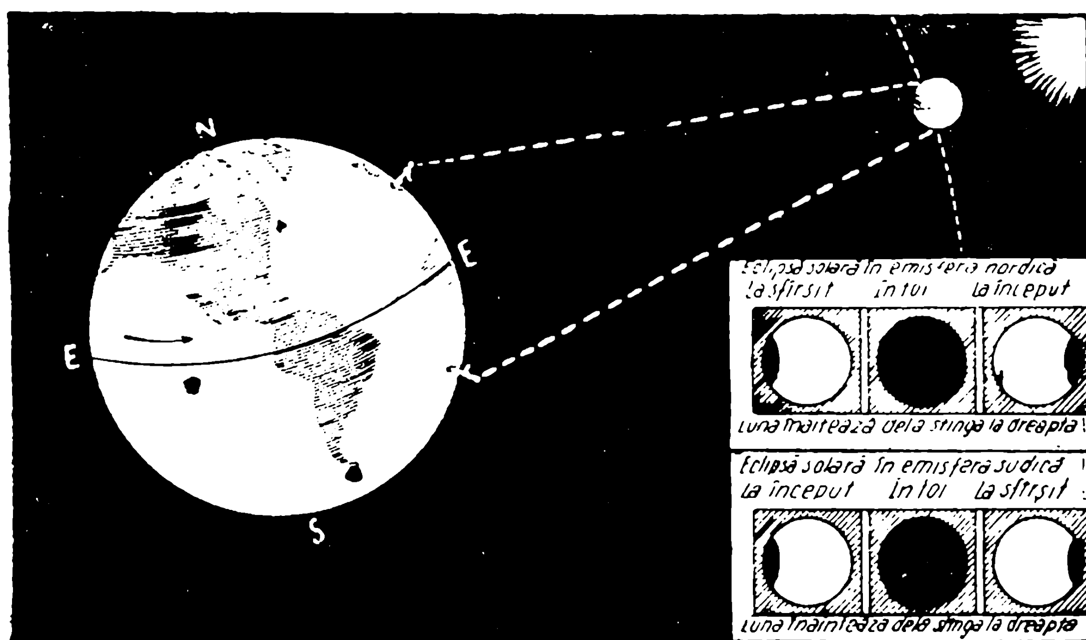


Fig. 60. De ce în emisfera nordică a Pămîntului în timpul eclipsei discul Lunei se apropie de Soare *din dreapta,* iar în emisfera sudică *din stînga ?*

Încă la începutul secolului al XIII-lea, în letopiseţul de la Novgorod se scriau următoarele : „Dintru această cauză în Marele Novgorod, cîte unii oameni fără vedere rămas-au". Este uşor să eviţi vătămarea retinei, dacă îţi pregăteşti din timp o sticlă neagră (afumată). Sticla trebuie aşa de bine înnegrită la fumul unei lumînări, încît Soarele, văzut prin ea, să apară ca un *disc bine conturat,* fără raze şi fără aureolă ; din spirit de comoditate, partea afumată a sticlei se acoperă cu o altă sticlă curată şi se lipeşte cu hîrtie pe margini. Deoarece nu se pot prevedea condiţiile de vizibilitate a Soarelui în orele de eclipsă, este bine să se pregătească din timp cîteva sticle mai mult sau mai puţin înnegrite.

Se pot folosi de asemenea şi sticlele colorate, dacă suprapunem două sticle de culori diferite (sînt indicate culorile ce se „completează"). Ochelarii de Soare obişnuiţi nu sînt eficaci în aceste ocazii. În sfîrşit, extrem de utile pentru a urmări Soarele în timul eclipsei sînt negativele fotografice, ale căror porţiuni mai luminoase sau mai întunecoase servesc de minune în acest scop[1].

Cum e vremea pe Lună?

De fapt nu se poate vorbi despre condiţii meteorologice pe Lună în sensul propriu al cuvîntului. Cum poate fi vremea pe Lună cînd acolo nu există nici un fel de atmosferă, nu sînt nori, vapori de apă, precipitaţii sau vînt? Singurul lucru despre care se poate vorbi este temperatura solului.

Deci, care este temperatura pe solul Lunei? Astronomii dispun, în prezent, de un dispozitiv care le dă posibilitatea să măsoare nu numai temperatura astrelor îndepărtate, ci şi a diferitelor porţiuni ale lor. Dispozitivul funcţionează pe baza efectelor termoelectrice: printr-un conductor închis, sudat din două metale diferite, trece un curent electric cînd o sudură este mai caldă decît cealaltă; intensitatea curentului generat depinde de diferenţa de temperatură şi permite măsurarea cantităţii de căldură absorbită.

Sensibilitatea dispozitivului este remarcabilă. De proporţii microscopice (partea principală a dispozitivului este numai de 0,2 mm şi cîntăreşte 0,1 mgr), el înregistrează acţiunea calorică a stelelor de magnitudine 13, care urcă temperatura cu *a zecea milioana parte dintr-un grad*. Aceste stele nu pot fi văzute decît prin telescop; lumina lor este de 600 de ori mai slabă decît lumina stelelor văzute cu ochiul liber. A

---

[1] Celor care doresc să cunoască mai îndeaproape cum se desfăşoară o eclipsă totală de Soare şi ce urmăresc astronomii în timpul eclipselor, li se poate recomanda cartea „Eclipsele de Soare şi urmărirea lor", scrisă de un grup de specialişti sub redacţia prof. A. A. Mihailov. Cartea a fost scrisă pentru astronomii amatori, profesori şi elevi ai claselor superioare. Într-un limbaj mai popular este scrisă cartea lui V. T. Ter-Ohanesov: „Eclipsele de Soare" (n. a.).

percepe o cantitate de căldură atît de infimă este ca şi cum am simţi la o distanţă de cîţiva kilometri căldura unei lumînări !

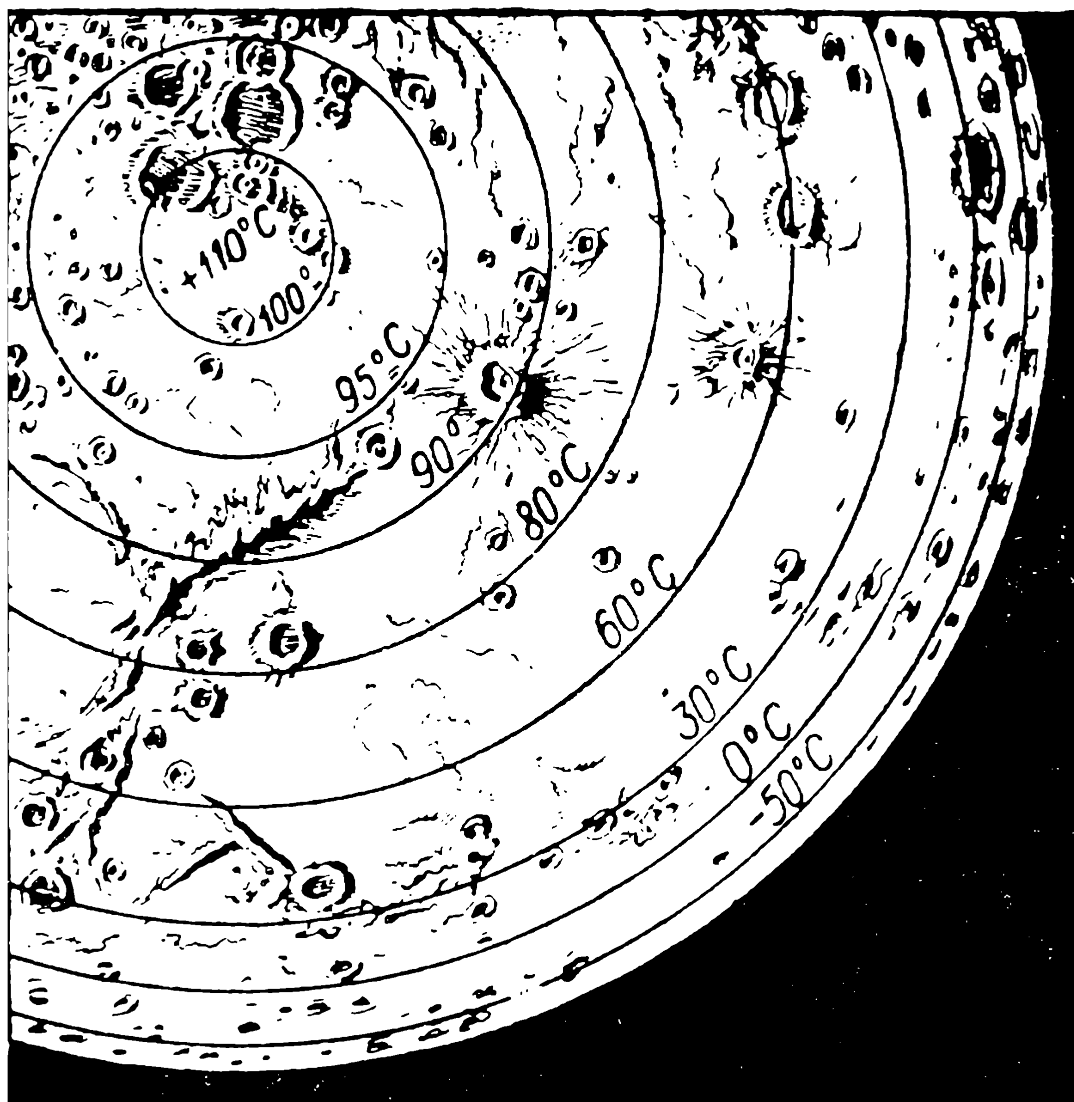


Fig. 61. Temperatura pe Lună atinge în centrul discului vizibil + 110°C şi scade cu repeziciune spre extremităţi pînă la – 50°C şi mai mult.

Dispunînd de acest dispozitiv de măsurare aproape fantastic, astronomii îl dirijau spre diferite sectoare ale Lunei, măsurau căldura receptată de el şi apreciau pe această bază temperatura diferitelor părţi ale Lunei (cu o exactitate pînă la 10°). Iată rezultatele (fig. 61) : în centrul discului Lunei pline, temperatura este de 100° ; dacă apa ar apărea în acest

loc pe suprafaţa Lunei, ea ar începe să fiarbă chiar la o presiune normală. „Pe Lună nu ar trebui să punem mîncarea pe foc — scrie un astronom — acest rol l-ar putea îndeplini cea mai apropiată stîncă". Începînd cu centrul discului, temperatura scade uniform în toate direcţiile. Totuşi chiar la 2 700 km de centru ea nu scade sub 80°. În continuare, temperatura scade ceva mai repede, iar în apropiere de marginea discului luminos domneşte un ger de —50°. Pe partea întunecată a Lunei, unde nu ajung razele Soarelui, frigul este şi mai mare, gerul atingînd —160°.

S-a mai amintit aici că în timpul eclipselor, cînd sfera Lunei intră în umbra Pămîntului, scoarţa ei, lipsită de lumina Soarelui, se răceşte simţitor. S-a măsurat gradul de răcire a Lunei în acest timp; s-a stabilit într-o astfel de ocazie că temperatura Lunei a scăzut în timpul eclipsei de la +70 la —117°, adică aproape cu 200° în decurs de circa $1^1/_2$—2 ore. În aceleaşi condiţiuni, adică în timpul unei eclipse de Soare, temperatura Pămîntului scade doar cu 2 grade sau cel mult cu 3 grade. Această deosebire se datoreşte atmosferei noastre, relativ transparentă pentru razele vizibile ale Soarelui, dar care constituie totuşi un obstacol în faţa razelor invizibile de „căldură" emanate de scoarţa încălzită a Pămîntului.

Faptul că Luna îşi pierde cu atîta uşurinţă căldura acumulată de ea, dovedeşte slaba ei capacitate calorică şi, în acelaşi timp, proasta conductibilitate de căldură a scoarţei ei. În consecinţă, încălzită fiind, Luna nu acumulează o rezervă mare de căldură.





CAPITOLUL III

PLANETELE

Planetele la lumina zilei

Pot fi văzute planetele în cursul zilei, la lumina vie a Soarelui ? Fireşte — dar prin telescop. Astronomii cercetează deseori planetele în cursul zilei, observîndu-le chiar cu un telescop de mărime mijlocie, bineînţeles nu atît de clar ca în cursul nopţii. Într-o lunetă al cărei obiectiv are diametrul de 10 cm nu numai că putem vedea în timpul zilei planeta Jupiter, dar putem deosebi chiar dungile caracteristice ale suprafeţei sale. Observarea planetei Mercur este chiar mai uşoară ziua, cînd se află sus, deasupra orizontului. După apusul Soarelui, Mercur poate fi văzut pe cer atît de jos, către orizont, încît atmosfera Pămîntului denaturează complet imaginea lui telescopică.

În condiţii prielnice, unele planete sînt accesibile în timpul zilei chiar pentru ochiul liber.

Se întîmplă foarte des să vedem pe cerul zilei pe Venus, cea mai strălucitoare dintre planete ; bineînţeles, în perioada cînd strălucirea ei este mai intensă. Este binecunoscută povestirea lui Arago despre Napoleon I care, asistînd la un moment dat la o paradă pe străzile Parisului, s-a simţit jignit de faptul că mulţimea de oameni, surprinsă de vizibilitatea planetei Venus în plină zi, acorda mai multă atenţie acestei planete decît înaltei sale persoane.

De pe străzile marilor orașe, Venus poate fi văzută în timpul zilei mai des ca din locurile virane ; clădirile înalte feresc ochiul de acțiunea vătămătoare a razelor directe ale Soarelui. Cazurile cînd Venus a fost văzută ziua sînt amintite și de letopisețele ruse. Astfel, letopisețul de la Novgorod ne spune că, în anul 1331, în timpul zilei, „s-a arătat pe cer o stea luminoasă deasupra bisericii". Această stea (potrivit cercetărilor lui D. O. Sviatski și M. A. Viliev) era planeta Venus.

Cele mai favorabile epoci de vizibilitate a lui Venus, în timpul zilei, se repetă la intervale de 8 ani. Cercetătorii atenți ai cerului au avut, desigur, ocazia de a vedea ziua nu numai pe Venus, ci și pe Jupiter sau chiar pe Mercur.

Este cazul să ne oprim asupra problemei cu privire la strălucirea comparativă a planetelor. Într-un cerc de profani se pune adeseori întrebarea : care planetă atinge strălucirea cea mai mare — Venus, Jupiter sau Marte ? Firește, dacă aceste planete ar străluci concomitent și ar fi alături una de cealaltă, această întrebare nu s-ar mai pune. Deoarece, însă, vedem aceste planete în momente diferite, nu este ușor să stabilești care din ele strălucește mai viu. Iată ordinea de înșiruire a planetelor, după strălucirea lor :

Venus Marte Jupiter	au o strălucire de cîteva ori mai mare decît Sirius.	Mercur Saturn	sînt mai puțin strălucitoare decît Sirius, dar mai luminoase decît stelele de magnitudinea întîi.

Vom reveni asupra acestei probleme în capitolul următor, unde vom face cunoștință cu exprimarea numerică a strălucirii aștrilor cerești.

Alfabetul planetar

Pentru simbolizarea Soarelui, a Lunei și a celorlalte planete, astronomii folosesc semne de origine antică (fig. 62). Ceea ce simbolizează aceste semne trebuie explicat, bineînțeles, în afară de semnul Lunei, care se explică de la sine. Semnul lui Mercur reprezintă imaginea simplificată a sceptrului zeului Mercur din mitologie, protectorul acestei planete. Semnul lui Venus reprezintă o oglindă de mînă —

emblema frumuseţii şi a feminităţii, proprie zeiţei Venus. Drept simbol al planetei Marte, al cărei protector era zeul războiului, a fost aleasă o lance acoperită de un scut — atribute ale războiului. Semnul lui Jupiter nu este altceva decît prima literă a numelui grecesc al lui Jupiter-Zeus (litera Z scrisă de mînă). Simbolul lui Saturn, după tălmăcirea lui Flammarion, reprezintă o imagine denaturată a „coasei timpului" — apanaj tradiţional al zeului soartei.

Semnele enumerate mai sus sînt folosite din veacul al IX-lea. Simbolul planetei Uranus este, fireşte, de provenienţă mai recentă ; această planetă a fost descoperită abia la sfîrşitul secolului al XVIII-lea. Semnul care o simbolizează — un cerc cu litera H — trebuie să ne reamintească despre V. Herschel, descoperitorul lui Uranus. Simbolul lui Neptun (descoperit în anul 1846) este de natură mitologică, reprezentînd tridentul zeului mărilor. Semnul ultimei planete, Pluton, se explică cu uşurinţă.

La acest alfabet trebuie să mai adăugăm semnul planetei pe care o locuim, precum şi simbolul astrului central al sistemului nostru planetar — Soarele. Acest semn este cel mai vechi, deoarece era folosit încă de egipteni în antichitate, cu mii de ani în urmă.

Multora le va apărea probabil curios faptul că astronomii din Occident simbolizează cu aceleaşi semne zilele săptămînii, şi anume :

Fig. 62. Semnele convenţionale pentru Soare, Lună şi planetele sistemului solar.

duminica	cu	semnul	Soarelui
luni	„	„	Lunei
marţi	„	„	Marte
miercuri	„	„	Mercur
joi	„	„	Jupiter
vineri	„	„	Venus
sîmbătă	„	„	Saturn

Această corelaţie ciudată va apărea perfect normală, dacă facem legătura dintre aceste semne şi denumirea latină sau franceză a zilelor săptămînii, denumire care provine de la planetele pomenite mai sus (în franceză luni — lundi — ziua Lunei, marţi — mardi — ziua lui Marte etc.). Nu ne vom opri asupra acestei interesante probleme, care ţine mai mult de domeniul filologiei şi al istoriei culturii, decît de domeniul astronomiei.

Alchimiştii din vremurile de demult foloseau alfabetul planetar pentru simbolizarea metalelor, şi anume :

Semnul Soarelui	–	pentru	aur
„ Lunei	–	„	argint
„ lui Mercur	–	„	mercur
„ „ Venus	–	„	cupru
„ „ Marte	–	„	fier
„ „ Jupiter	–	„	cositor
„ „ Saturn	–	„	plumb

Această legătură se explică prin concepţiile alchimiştilor, care asociau fiecare metal unui zeu din mitologia antică.

În sfîrşit, un ecou al valorii acordate simbolurilor planetare în Evul Mediu îl constituie folosirea în timpurile moderne de către botanişti şi zoologi a semnelor lui Marte şi Venus în simbolizarea sexului masculin şi feminin. De asemenea, botaniştii folosesc semnul Soarelui pentru plantele anuale ; pentru cele bienale se foloseşte acelaşi semn, schimbat într-o oarecare măsură (cercul are două puncte în interior), pentru ierburile perene — semnul lui Jupiter, iar pentru pomi şi arbuşti — semnul lui Saturn.

Ceea ce nu poate fi desenat

Din categoria lucrurilor care nu pot fi redate pe hîrtie face parte planul sistemului nostru solar. Ceea ce se prezintă în cărţi de astronomie sub denumirea de plan al sistemului solar nu este decît schema *orbitelor* parcurse de planete şi nicidecum un plan al sistemului solar ; într-un astfel de desen, planetele nu pot fi reprezentate decît printr-o denaturare grosolană a scării de proporţie. În comparaţie cu distanţele care le despart, planetele sînt atît de mici, încît

este extrem de greu să-ţi formezi o imagine, cît de cît justă, cu privire la acest raport. Putem uşura procesul de imaginaţie dacă recurgem la o variantă mult mai mică a sistemului solar. Atunci vom înţelege de ce nu este posibilă redarea sistemului solar în nici un fel de schemă sau desen. Ceea ce putem arăta pe hîrtie sînt dimensiunile comparative ale planetelor şi ale Soarelui (fig. 63).

Să luăm pentru globul pămîntesc dimensiunea cea mai modestă — capul unui ac de gămălie : să zicem că Pămîntul este un glob al cărui diametru este de circa 1 mm. Mai exact, vom uza de o scară de proporţie egală cu 15 000 km la 1 mm, sau 1 : 15 000 000 000. Luna, un punct cu diametru de $^1/_4$ mm, va trebui să o plasăm la 3 cm de gămălia de ac. Soarele, de mărimea unei mingi sau a unei bile de crichet (10 cm), trebuie să stea la o distanţă de 10 m de Pămînt. Mingea, plasată într-un colţ al unei camere spaţioase, iar gămălia de ac — într-un colţ al aceleiaşi camere — iată un tablou care ar aduce cu ceea ce reprezintă în spaţiul cosmic Soarele şi Pămîntul. Vedeţi că, de fapt, în camera despre care vorbim este mai mult spaţiu decît materie. Este adevărat că între Soare şi Pămînt mai sînt două planete — Mercur şi Venus ; ele însă contribuie în prea mică măsură la umplerea spaţiului ; într-adevăr, în camera noastră s-ar mai adăuga două grăunţe mici ; unul cu diametrul de 1/3 mm (Mercur), la o distanţă de 4 m de minge (Soarele), iar celălalt, cît o gămălie de ac (Venus), la 7 m distanţă de minge.

Mai sînt şi alte „particule-materie" de cealaltă parte a Pămîntului. La 16 m distanţă de „mingea-Soare" se roteşte Marte — punct cu un diametru de $^1/_2$ mm. La fiecare 15 ani, cele două puncte, care reprezintă Pămîntul şi Marte, se apropie la o distanţă de 4 m între ele ; Marte are doi sateliţi, pe care din păcate nu-i putem prezenta în modelul nostru ; la dimensiunile luate de noi, aceşti sateliţi ar trebui să aibă mărimea unei bacterii ! Aceleaşi dimensiuni infime ar trebui să le capete, în modelul nostru, *asteroizii* — planete mici, pînă azi sînt cunoscute cca 1 500 şi care se rotesc în spaţiul dintre Marte şi Jupiter. Distanţa lor medie faţă de Soare — în modelul nostru, bineînţeles —

este de 28 m. Cele mai mari dintre ele, privite în model, au diametrul egal cu grosimea unui fir de păr (1/20 mm), cele mai mici au dimensiuni de bacterii.

Gigantul-Jupiter are, în cazul nostru, mărimea unei nuci situate la o distanță de 52 m de „mingea-Soare". În jurul lui, la o distanță de 3,4,7 și 12 cm, se rotesc cei mai

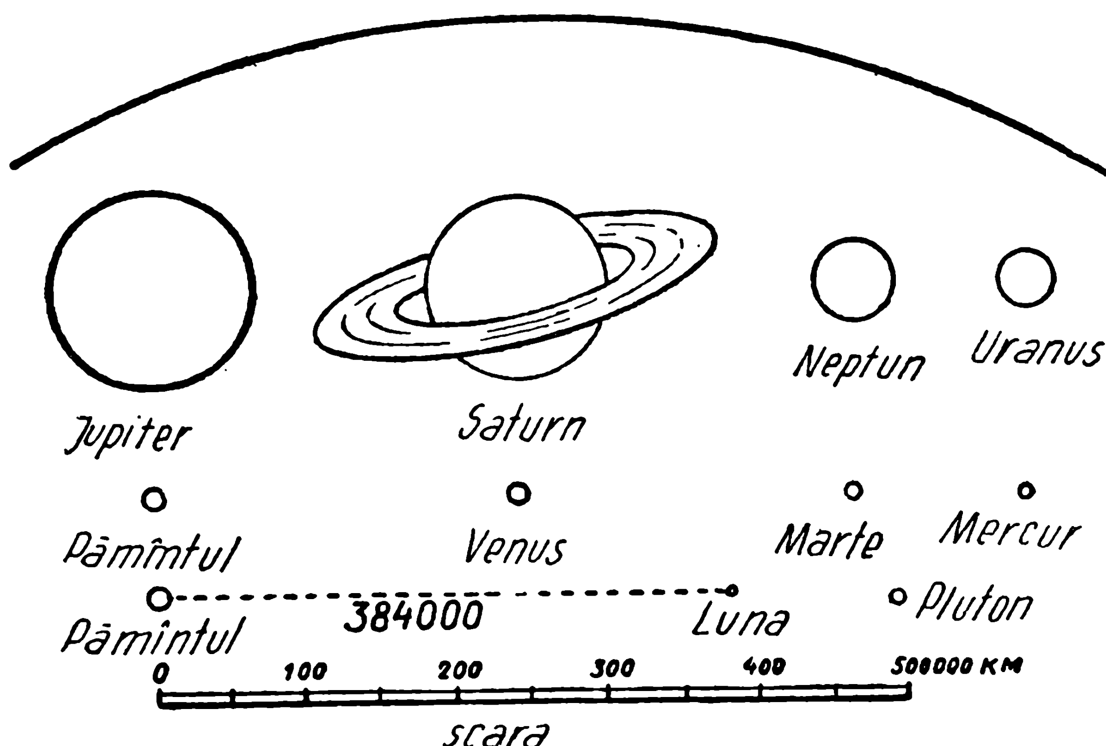


Fig. 63. Dimensiunile comparative ale planetelor și ale Soarelui. Diametrul discului Soarelui la această scară de proporții este egal cu 19 cm.

mari dintre cei 12 sateliți ai săi. Dimensiunile acestor „Luni" mari sînt de circa 1/2 mm, restul sateliților au, de asemenea, mărimea unor bacterii. Un satelit mai îndepărtat al lui Jupiter (al IX-lea) ar trebui să-l plasăm la o distanță de 2 m față de „nuca-Jupiter". Prin urmare, întregul sistem al lui Jupiter ar avea în cazul nostru un diametru de 4 m. Aceasta reprezintă o cifră uriașă față de sistemul Pămînt-Lună (cu un diametru de 6 cm) și totuși modestă, dacă facem comparație cu diametrul orbitei lui Jupiter din modelul nostru (104 m).

Numai după cele spuse este evident că o încercare de a pune pe hîrtie planul sistemului solar ar fi zadarnică.

Această imposibilitate apare și mai convingătoare în cele ce urmează. Planeta Saturn ar trebui plasată la o depărtare de 100 m de „mingea-Soare", avînd forma unei cireșe mici cu un diametru de 8 mm. Vestitele inele ale lui Saturn, cu o lățime de 4 mm și o grosime de 1/250 mm, se vor găsi la 1 mm de suprafața cireșii. Cei 9 sateliți vor fi împrăștiați în jurul planetei ca niște puncte, pe o distanță de 1/2 m, avînd un diametru de 1/10 mm și chiar mai puțin.

Spațiile goale dintre planete cresc progresiv pe măsură ce ne apropiem de marginile sistemului. În modelul nostru, Uranus este aruncat la o distanță de 196 m față de Soare; el reprezintă un punct mic, cu un diametru de 3 mm, iar în jurul său cei 5 sateliți — ca niște firișoare de praf — situați pe o distanță de 4 cm de punctul central.

La 300 m de „mingea de crichet" din centru își urmează încet mișcarea pe orbita sa Neptun — care pînă nu de mult era socotit drept ultima planetă din sistemul nostru; un punct mic cu doi sateliți (Triton și Nereida), la o distanță de 3 cm și respectiv 70 cm față de planetă.

Și mai departe se rotește Pluton, o planetă nu prea mare — care ar fi plasată în modelul nostru la o distanță de 400 m, iar diametrul ei ar fi aproximativ cît 1/2 din diametrul Pămîntului.

Dar nici orbita acestei ultime planete nu trebuie socotită drept limita extremă a sistemului nostru solar. În afară de planete, tot din acest sistem mai fac parte și cometele. Multe dintre ele se mișcă pe un circuit închis în jurul Soarelui. Printre aceste *„stele cu coadă"* (adevăratul sens al cuvîntului „cometă") sînt o serie care fac înconjurul Soarelui într-o perioadă de 800 de ani. Acestea sînt cometele care au apărut în anii 372 î.e.n., 1106, 1668, 1680, 1843, 1880, 1882 (două comete) și 1887. Orbita fiecărei comete ar trebui redată în model ca o elipsă foarte întinsă, ale cărei extremități — cea mai apropiată — s-ar afla la o distanță de numai 12 mm față de Soare, iar cea mai îndepărtată la 1 700 m de el, ceea ce reprezintă o distanță de 4 ori mai mare decît cea a lui Pluton. Dacă am calcula dimensiunile sistemului solar după aceste comete, modelul nostru ar căpăta un diametru de $3^1/_2$ km și va deține o suprafață de 9 km^2, în care, nu uitați, Pămîntul ar avea mărimea unei

gămălii de ac! În aceşti 9 km^2 se include următorul inventar :

1 minge de crichet
2 nuci
2 boabe de mazăre mici
2 gămălii de ac
3 particule mai mici.

Materia cometelor — oricît de numeroase ar fi ele — nu este luată în consideraţie ; masa lor este atît de mică, încît ele sînt denumite pe bună dreptate „nimicuri vizibile".

Iată de ce sistemul nostru planetar nu poate fi redat în proporţii exacte într-un desen.

De ce planeta Mercur nu are atmosferă ?

Ce legătură poate fi între prezenţa atmosferei pe o planetă şi durata unei rotaţii în jurul axei sale ? S-ar părea că nu este nici o legătură. Cu toate acestea, din exemplul lui Mercur — planeta cea mai apropiată de Soare — ne convingem că, în unele cazuri, există o astfel de legătură.

Judecînd după forţa gravitaţiei lui Mercur, acesta ar putea reţine pe suprafaţa sa o atmosferă de aceeaşi componenţă cu cea a Pămîntului, doar ceva mai rarefiată.

Viteza necesară pentru învingerea completă a forţei gravitaţiei la suprafaţa planetei Mercur este egală cu 4 900 m/sec. Această viteză, la temperaturi nu prea înalte, nu o ating nici cele mai rapide molecule din atmosfera noastră [1]. Cu toate acestea Mercur nu are atmosferă. Cauza constă în faptul că el se roteşte în jurul Soarelui, aşa cum se roteşte Luna în jurul Pămîntului, adică este întors spre Soare mereu cu una şi aceeaşi emisferă a lui. Timpul în care efectuează mişcarea sa de revoluţie pe orbită (88 de zile) este egal cu timpul în care îşi desăvîrşeşte mişcarea de rotaţie în jurul axei sale. De aceea pe o parte a planetei Mercur — aceea care este întoarsă mereu spre Soare — este zi permanentă şi e veşnic vară ; pe cealaltă parte — neluminată de Soare —

---

[1] Vezi cap. II (De ce Luna nu are atmosferă ?).

domnesc în permanență noaptea și iarna veșnică. Nu este greu să ne imaginăm arșița care dăinuie pe partea luminoasă a planetei: aici Soarele se află la o distanță de $2^1/_2$ ori mai mică decît distanța ce-l desparte de Pămînt, iar forța arzătoare a razelor lui trebuie să fie de $2^1/_2 \times 2^1/_2$, adică de $6^1/_4$ ori mai puternică. Pe partea întunecoasă a planetei, dimpotrivă, în decursul a milioane de ani, nu a pătruns nici cea mai mică rază de Soare și acolo trebuie să domnească un ger ce se apropie de frigul spațiului cosmic [1] (aproximativ —264°C), deoarece căldura de pe partea luminată nu poate trece prin interiorul planetei. La hotarul dintre partea luminată și partea întunecată a planetei există o zonă de 23° în care Soarele, ca o consecință a librației [2], se mai ivește cîteodată, dar pentru scurt timp.

În aceste condițiuni neobișnuite, ce ar trebui să se întîmple cu atmosfera planetei? Probabil că, pe partea întunecoasă a planetei, sub influența frigului puternic, atmosfera se va condensa, va deveni lichidă și va îngheța. Ca o urmare a faptului că presiunea atmosferică scade brusc, învelișul gazos de pe partea luminoasă a planetei va tinde spre partea întunecată, unde la rîndul său se va solidifica. Prin urmare, întreaga atmosferă trebuie să se adune, sub formă solidă, pe partea întunecată a planetei, mai exact, pe partea în care nu pătrund de loc razele Soarelui. Astfel, lipsa de atmosferă pe Mercur constituie o consecință inevitabilă a legilor fizice.

Din aceleași considerente care fac imposibilă existența atmosferei pe Mercur trebuie să respingem ipoteza, susținută adeseori, că pe partea invizibilă a Lunei ar exista atmosferă.

---

[1] Sub expresia convențională „temperatura spațiului cosmic", fizicienii consideră acea temperatură pe care ar indica-o în spațiu un termometru cufundat complet în întuneric, ferit de razele Soarelui. Această temperatură este cu puțin mai mare decît zero absolut (–273°C), datorită acțiunii calorice, provenită din iradiația stelelor (n. a.).

[2] Despre librație, vezi paragraful „Partea vizibilă și cea invizibilă a Lunei" (cap. II pag. 78). Pentru librațiile de longitudine ale lui Mercur este valabilă aceeași regulă de aproximație, căreia i se supune Luna. Mercur este întors mereu cu una și aceeași parte a sa nu spre Soare, ci spre un alt focar al orbitei lui, orbită care are un grad de turtire destul de mare (n. a.).

Se poate afirma cu certitudine că dacă nu există atmosferă pe una din părţile Lunei, nu există nici pe partea opusă ei.

În această privinţă, Wells, autorul romanului ştiinţifico-fantastic „Primii oameni pe Lună“, nu ţine seama de realitate. Romancierul admite existenţa pe Lună a aerului care, în timpul lungii nopţi cu o durată de 14 zile pămîntene, reuşeşte să se condenseze şi să îngheţe, iar o dată cu venirea zilei trece din nou în stare gazoasă, formînd atmosferă. „Dacă pe partea întunecată a Lunei — scria prof. O. D. Hvolson — aerul se solidifică, ar trebui ca aproape tot aerul de pe partea luminată să treacă în partea întunecoasă şi aici să îngheţe. Sub influenţa razelor Soarelui, aerul solidificat ar trebui să se transforme în gaz, care ar trece imediat pe partea întunecoasă, unde ar îngheţa iar... Ar trebui să aibă loc o permanentă distilare a aerului şi nu s-ar obţine niciodată şi în nici un fel o cît de mică presiune“.

Dacă, în ceea ce priveşte planeta Mercur şi Luna, lipsa atmosferei poate fi socotită ca dovedită, în schimb, la Venus, situată pe locul al doilea în raport cu Soarele, prezenţa atmosferei este absolut neîndoielnică. S-a stabilit chiar că atmosfera lui Venus, mai bine zis stratosfera ei, conţine mari cantităţi de bioxid de carbon, de zece mii de ori mai mult decît în atmosfera Pămîntului.

Fazele lui Venus

Cunoscutul matematician Gauss povesteşte că, la un moment dat, a propus mamei sale să privească printr-o lunetă astronomică planeta Venus, care strălucea viu pe cerul serii. Matematicianul voia să producă o surpriză mamei sale deoarece, văzută prin lunetă, Venus avea o formă de seceră. Surpriza a avut-o el însuşi : uitîndu-se prin lunetă, femeia nu şi-a exprimat mirarea în ceea ce priveşte forma planetei, ci s-a interesat doar pentru care motiv secera este întoarsă în partea inversă... Gauss nu bănuia că mama lui văzuse şi cu ochiul liber fazele lui Venus. Un simţ al văzului atît de ascuţit se întîlneşte foarte rar ; de aceea, pînă la invenţia lunetei, nimeni nu bănuia că Venus trece prin faze asemănătoare cu fazele Lunei.

Particularitatea fazelor lui Venus constă în aceea că diametrul aparent al planetei nu rămîne acelaşi în diferitele faze ale ei ; secera îngustă are un diametru mult mai mare decît discul plin (fig. 64). Cauza o constituie faptul că, în diferitele ei faze, Venus se află la distanţe diferite de noi. Distanţa medie dintre Venus şi Soare este de 108 000 000 km ;

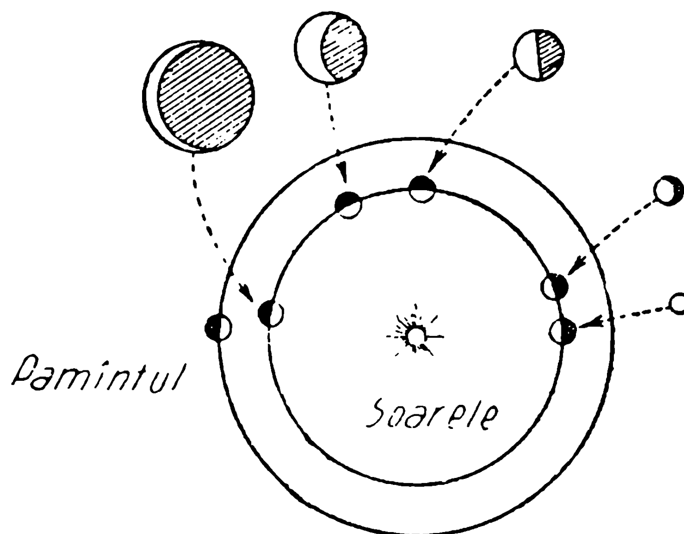


Fig. 64. Fazele lui Venus văzute cu telescopul. Venus, în diferitele sale faze, are un diametru aparent diferit, ca o consecinţă a schimbării distanţei faţă de Pămînt.

între Pămînt şi Soare sînt 150 000 000 km. Este uşor de înţeles că distanţa cea mai mică între cele două planete este egală cu diferenţa 150 000 000—108 000 000, adică 42 000 000 km, iar cea mai mare este egală cu 150 000 000 + 108 000 000, adică 258 000 000 km. Prin urmare, distanţa la care se află Venus faţă de noi variază între aceste două extreme. Cînd Venus se află la distanţa cea mai mică de Pămînt, ea este întoarsă spre noi cu partea întunecoasă şi de aceea faza ei în care ea prezintă un diametru aparent maxim este absolut invizibilă [1]. Depărtîndu-se din această poziţie de „Venus nouă“, planeta capătă o formă de seceră, al cărei diametru este cu atît mai mic cu cît lăţimea secerei este mai mare. Intensitatea strălucirii lui Venus nu variază în

[1] Din cauza atmosferei pe care o posedă, planeta poate fi totuşi văzută cu luneta sub forma unui inel luminos (n. red. rom.).

funcţie de forma discului ei (văzut de pe Pămînt) şi nici de mărimea diametrului ei. Luminozitatea ei se intensifică în unele faze intermediare. Discul plin al planetei Venus este vizibil sub un unghi de 10″, iar secera cu diametrul aparent maxim poate fi văzută sub un unghi de 64″. Cu toate acestea, planeta Venus atinge strălucirea cea mai mare la cca treizeci de zile înainte şi după „Venus nouă“, cînd diametrul ei aparent măsoară 40″, iar lăţimea unghiulară a secerei este de 10″. În acest moment, ea luminează de 13 ori mai puternic ca Sirius, steaua cea mai strălucitoare de pe cer.

Marile opoziţii

Sînt mulţi cei care ştiu că din 15 în 15 ani se repetă perioadele cînd Marte are luminozitatea maximă şi se află

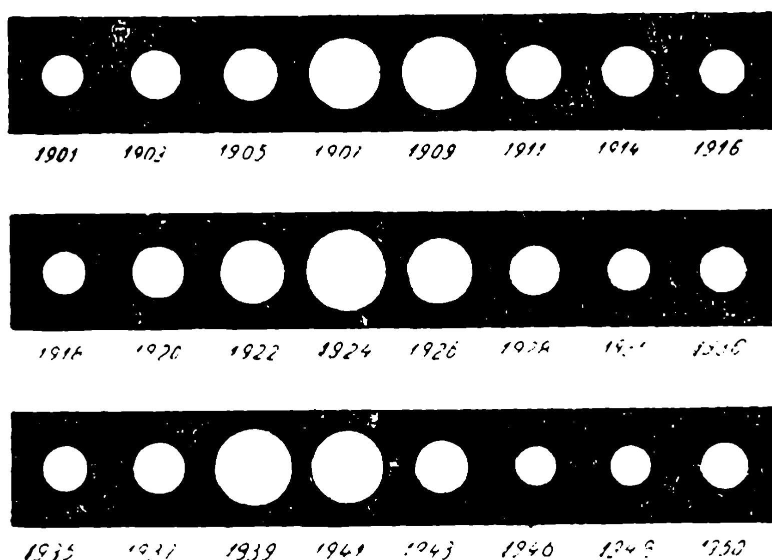


Fig 65. Diversele dimensiuni ale diametrului aparent al lui Marte, vizibile în diferite perioade de apropiere ale acestuia faţă de Pămînt în secolul al XX-lea. În 1909, 1924 şi în 1939 apropierea lui a fost foarte accentuată.

la cea mai mică distanţă de Pămînt. Chiar şi denumirea astronomică a acestor perioade „marea opoziţie“ este foarte populară. Sînt memorabili anii ultimelor „mari opoziţii“ ale planetei roşii — 1924, 1939 (fig. 65) şi 1956. Puţini sînt, însă, cei care cunosc cauza pentru care acest eveniment se

repetă neapărat din 15 în 15 ani. Şi totuşi „matematica“, care explică acest lucru, nu este de loc complicată.

Pămîntul îşi încheie ocolul orbitei sale în $365^1/_4$ zile, iar Marte face acelaşi lucru în 687 de zile. Dacă ambele planete trec, la un moment dat, una prin faţa celeilalte la distanţa cea mai mică, ele se vor întîlni din nou în aceeaşi poziţie într-un interval de timp care include numărul întreg al anilor pămînteni, cît şi marţieni.

Cu alte cuvinte, trebuie să rezolvăm în cifre întregi ecuaţia :

$$365\frac{1}{4}x = 687\ y,$$

sau

$$x = 1,88\ y,$$

de unde

$$\frac{x}{y} = 1,88 = \frac{47}{25}$$

Dezvoltînd ultima fracţie într-o fracţie continuă (vezi pag. 112), obţinem :

$$\frac{47}{25} = 1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{7 + \cfrac{1}{3}}}.$$

Luînd primele trei grupe, avem aproximaţia

$$1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{7}} = \frac{15}{8}$$

şi tragem concluzia că 15 ani pămînteni sînt egali cu 8 ani marţieni : deci, epocile de maximă apropiere a lui Marte trebuie să se repete la 15 ani o dată (noi am simplificat oarecum problema, luînd pentru raportul ambelor intervale de circuit complet cifra 1,88 în loc de 1,8809, care constituie cifra mai exactă).

În acelaşi fel se poate afla perioada minimelor distanţe ale lui Jupiter. Anul pe Jupiter, în raport cu cel de pe Pămînt, este egal cu 11,86 (mai precis 11,8622). Să transformăm acest număr zecimal într-o fracţie continuă :

$$11,86 = 11\frac{43}{50} = 11 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{6 + \cfrac{1}{7}}}.$$

Primele trei grupe ne dau aproximaţia 83/7. Prin urmare, perioadele cînd Jupiter se găseşte la cea mai mare apropiere de Pămînt se repetă la un interval de 83 de ani pămînteni (sau 7 jupiterieni). În aceşti ani, Jupiter atinge şi cea mai mare luminozitate vizibilă. Ultima oară cînd Jupiter s-a aflat la cea mai mică distanţă de Pămînt a fost anul 1927. Următoarea apropiere va avea loc în anul 2010. În aceste momente, distanţa dintre Jupiter şi Pămînt este de 587 milioane km. Aceasta constituie minimul posibil de distanţă între Pămînt şi cea mai mare planetă a sistemului solar.

Ce să fie oare, planetă sau un Soare mai mic?

Această întrebare se poate pune în legătură cu Jupiter — cea mai mare dintre planetele sistemului nostru. Acest uriaş, din care s-ar putea face 1 300 sfere de mărimea Pămîntului nostru, prin marea sa forţă de atracţie sileşte un întreg roi de sateliţi să se învîrtească în jurul lui. Astronomii au descoperit la Jupiter 12 „Luni" ; 4 dintre ele — cele mai mari — care fuseseră descoperite cu trei secole în urmă de Galilei, sînt marcate cu primele patru cifre romane, I, II, III şi IV. Sateliţii III şi IV nu sînt mai prejos, în ceea ce priveşte dimensiunile lor, ca însăşi „de sine stătătoarea" planetă Mercur. În tabelul care urmează, diametrul acestor sateliţi este prezentat în raport cu diametrele lui Mercur şi Marte ; totodată indicăm şi diametrul primilor doi sateliţi ai lui Jupiter, precum şi pe cel al Lunei noastre :

	Diametrul
Marte	6 600 km
al IV-lea satelit al lui Jupiter	5 150 „
al III-lea satelit al lui Jupiter	5 150 „
Mercur	4 700 „
primul satelit al lui Jupiter.	3 700 „
Luna	3 480 „
al II-lea satelit al lui Jupiter	3 220 „

Figura 66 ilustrează acest tabel. Cercul cel mare reprezintă pe Jupiter ; fiecare dintre cercurile consecutive, înşirate

de-a lungul diametrului său, înfăţişează Pămîntul ; în dreapta este Luna. Cercurile din stînga lui Jupiter reprezintă pe cei patru sateliţi mari ai lui Jupiter. La dreapta Lunei sînt planetele Marte şi Mercur. Privind acest desen, trebuie să ţineţi cont că el nu constituie o diagramă, ci un simplu desen : raportul dintre suprafeţele cercurilor nu ne dă imaginea justă asupra *volumului* globurilor respective. Raportul

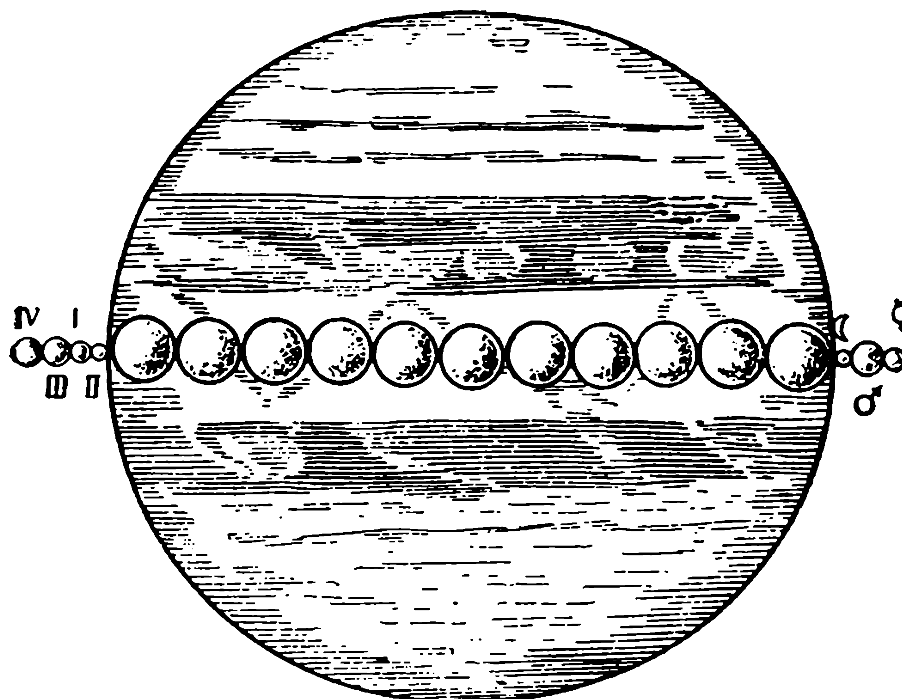


Fig. 66. Dimensiunile lui Jupiter şi ale sateliţilor lui (în stinga) în comparaţie cu dimensiunile Pămîntului (de-a lungul diametrului) Lunei, Marte şi Mercur (în dreapta).

dintre volumul globurilor este egal cu raportul dintre cuburile diametrelor lor.

Dacă diametrul lui Jupiter este de 11 ori mai mare ca diametrul Pămîntului, atunci volumul său este mai mare cu 11^3, adică aproximativ de 1 300 ori. În legătură cu aceasta trebuie să vă corectaţi imaginea optică în ceea ce priveşte figura 66 şi numai atunci veţi putea aprecia just uriaşele dimensiuni ale planetei Jupiter.

În ceea ce priveşte forţa lui Jupiter, privit ca centru de atracţie, constatăm că ea este remarcabilă, în clipa cînd analizăm distanţele la care sateliţii acestei planete-gigant

sînt siliţi să se rotească în jurul ei. Iată tabelul acestor distanţe.

Distanţa	în km	Comparativ
dintre pămînt şi lună	380 000	1
dintre Jupiter şi al III-lea satelit al său . .	1 070 000	3
dintre Jupiter şi al IV-lea satelit al său . .	1 900 000	5
dintre Jupiter şi al IX-lea satelit al său . .	24 000 000	63

După cum vedeţi, sistemul lui Jupiter are dimensiuni de 63 ori mai mari decît sistemul Pămînt-Lună ; nici o altă planetă nu ocupă atîta spaţiu cu familia ei de sateliţi.

Deci, pe bună dreptate, Jupiter este comparat cu un mic Soare. Masa lui este de trei ori mai mare ca masa tuturor planetelor luate la un loc, iar dacă Soarele ar dispărea peste noapte, locul lui l-ar putea lua Jupiter, silind toate planetele să se rotească, fie chiar încet, în jurul său, ca în jurul unui corp central al sistemului planetar.

Şi din punct de vedere al conformaţiei fizice există puncte comune între Soare şi Jupiter. Densitatea medie a substanţelor lui este de 1,35 în raport cu apa — aproape egală cu densitatea Soarelui (1,4). Totuşi, forma puternic turtită a planetei Jupiter ne face să presupunem că ea are un miez bine închegat, înconjurat de un strat gros de gheaţă şi de o gigantică atmosferă.

Nu de mult încă, comparaţia dintre Jupiter şi Soare mergea mai departe : s-a presupus că această planetă nu are o scoarţă solidă şi că abia recent a depăşit stadiul de corp ceresc luminos. Astăzi această părere trebuie categoric respinsă ; măsurarea directă a temperaturii lui Jupiter pe suprafaţa vizibilă a arătat că ea este extrem de joasă : cu 140° Celsius sub zero ! Într-adevăr, este vorba de temperatura straturilor de nori care se deplasează în atmosfera lui Jupiter.

Temperatura joasă de pe Jupiter îngreuiază explicaţia particularităţilor lui fizice: furtuni mari în atmosferă, dungile şi petele lui etc. Aici astronomia se află în faţa unui mănunchi de enigme.

Recent a fost descoperită în atmosfera lui Jupiter (de asemeni şi a vecinului său Saturn) prezenţa neîndoielnică a amoniacului şi a metanului [1].

Dispariţia inelelor lui Saturn

În anul 1921 s-a răspîndit ştirea senzaţională că Saturn şi-ar fi pierdut inelele! Mai mult decît atît, se spunea că aceste inele sfărîmate în bucăţi se mişcă cu viteză în spaţiu în direcţia Soarelui, urmînd ca în drumul lor să se prăbuşească pe Pămînt. Se preciza chiar ziua cînd avea să aibă loc ciocnirea catastrofală...

Această poveste poate servi drept model despre felul cum iau naştere zvonurile. Pretextul acestei senzaţionale ştiri l-a constituit faptul că în anul respectiv inelele lui Saturn au încetat de a mai fi vizibile pentru scurtă vreme, „au dispărut", potrivit expresiei calendarului astronomic. Zvonurile au prezentat însă această expresie în sensul strict al dispariţiei fizice, adică distrugerea inelelor, şi au adăugat acestui fenomen o serie întreagă de amănunte legate de o catastrofă cosmică. Iată, deci, originea zvonului cu privire la căderea bucăţilor de inele spre Soare şi ciocnirea lor inevitabilă cu Pămîntul.

Cîtă vîlvă a produs nevinovatul comunicat al calendarului astronomic despre dispariţia optică a inelelor lui Saturn! Dar ce condiţionează această dispariţie? Inelele planetei Saturn sînt foarte subţiri; grosimea lor atinge doar douăzeci—treizeci de km; în raport cu lăţimea, grosimea lor este ca cea a unei foi de hîrtie. De aceea, atunci cînd inelele lui Saturn se găsesc cu muchea îndreptată spre Soare, suprafeţele

---

[1] Cantităţi şi mai mari de metan conţine atmosfera unor planete mai îndepărtate – Uranus şi, îndeosebi, Neptun. În anul 1944 a fost descoperită prezenţa metanului în compoziţia atmosferei lui Titan – cel mai mare satelit al lui Saturn (n. red. sov).

lor inferioară şi superioară nu sînt luminate, devenind invizibile în această împrejurare. Ele sînt invizibile şi în cazul cînd stau cu muchea spre noi, cei de pe Pămînt.

Inelele lui Saturn au, faţă de planul orbiei Pămîntului, o înclinaţie de 27°. În intervalul de 29 ani, însă, timp în care îşi încheie circuitul pe orbita planetei, în două puncte diametral opuse ale orbitei, inelele sînt îndreptate cu muchea

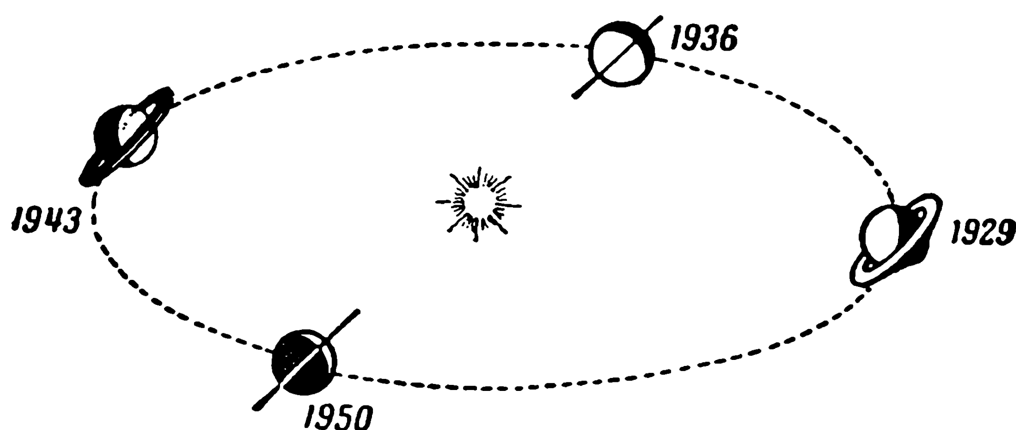


Fig. 67. Poziţia pe care o deţin inelele lui Saturn în raport cu Soarele în perioada de 29 ani de revoluţie a planetei în jurul Soarelui.

spre Soare şi spre cei de pe Pămînt (fig. 67). Dimpotrivă, în alte două puncte, situate la un unghi de 90° distanţă de primele, inelele îşi expun faţă de Soare şi Pămînt lăţimea lor maximă — „se deschid" cum spun astronomii.

Anagrame astronomice

Dispariţia inelelor lui Saturn l-a pus pe gînduri, odinioară, pe Galilei, care fusese aproape de descoperirea acestei particularităţi a planetei, dar nu a înfăptuit-o tocmai din cauza dispariţiei curioase a inelelor. Povestea aceasta este extrem de interesantă. În vremea aceea era obiceiul de a se asigura dreptul la întîietate asupra unei descoperiri, într-un mod foarte original. Făcînd o descoperire, care necesita să fie confirmată în viitor, savantul, pentru a fi sigur că nu i-o ia altul înainte, recurgea la o anagramă (schimbarea locului literelor într-un cuvînt) ; el comunica pe scurt esenţa desco-

peririi sale sub formă de anagramă, al cărei sens real îl ştia doar el singur. Aceasta dădea savantului posibilitatea să verifice fără grabă descoperirea sa, iar dacă apărea un alt pretendent — să dovedească întîietatea sa. În clipa cînd era convins de justeţea ipotezei sale iniţiale, dezvăluia secretul anagramei. Galilei, observînd în luneta sa rudimentară, că Saturn are pe marginile sale un fel de adausuri, s-a grăbit să anunţe această descoperire, publicînd următorul grup de litere :

Smaismrmirlmepoetaleumiburnenugttaviras.

Este absolut imposibil să ghiceşti ce ascunde această expresie cifrată. Fireşte, s-ar putea întocmi toate combinaţiile posibile ale acestor 39 de litere şi descoperi astfel fraza compusă de Galilei ; ar trebui însă efectuat un calcul fantastic. Cine cunoaşte teoria combinaţiilor, poate exprima cifra totală a diferitelor combinaţii posibile în acest caz (inclusiv repetările). Iat-o :

$$\frac{39!}{3!5!4!4!2!2!5!3!3!2!2!}$$

Această cifră constă din aproximativ 35 de cifre (subliniem că numărul secundelor unui an constă „numai“ din 8 cifre !). Acum este limpede cît de bine a asigurat Galilei secretul descoperirii sale.

Kepler, contemporan cu savantul italian susamintit, cu o răbdare inegalată proprie lui, a depus multe eforturi spre a pătrunde sensul preţios al declaraţiei lui Galilei și credea că a reuşit atunci cînd, din literele publicate (omiţînd două dintre ele), a întocmit următoarea frază în limba latină :

Salve, umbistineum geminatum Martia proles.
(Vă salut, gemeni născuţi din Marte.)

Kepler era convins că Galilei a descoperit pe cei doi sateliţi ai lui Marte, a căror existenţă o bănuia el însuşi [1] (ei

---

[1] Probabil că Kepler s-a ghidat de data asta de presupusa progresie în numărul de sateliţi ai planetelor. Cunoscînd că Pămîntul are un satelit, iar Jupiter patru, el considera normal ca Marte, fiind planetă intermediară, să aibă doi sateliţi. Această ipoteză a făcut şi pe alţi gînditori să presupună că Marte are doi sateliţi. Găsim în fantezia astronomică a lui Voltaire, intitu-

au fost descoperiţi într-adevăr după două secole şi jumătate). Totuşi, de data asta, perspicacitatea lui Kepler nu l-a dus la ţintă. După ce Galilei a făcut în cele din urmă cunoscut secretul anunţului său, s-a văzut că fraza — făcînd omisiunea a două litere — suna astfel :

Altissimum planetam tergeminum observavi.
(Cea mai înaltă planetă am observat-o triplă.)

Din cauză că luneta sa avea o putere mică de mărire, Galilei nu a putut pricepe adevărata însemnătate a acestei variante în „triplu" a planetei Saturn, iar după cîţiva ani, cînd adausurile marginale ale lui Saturn au dispărut cu desăvîrşire, Galilei a decis că se înşelase şi că Saturn nu are nici un fel de adausuri.

Fericirea de a descoperi inelele lui Saturn i-a revenit lui Huygens abia după o jumătate de secol. Ca şi Galilei, el nu a publicat direct descoperirea sa, ci a tăinuit-o sub următorul cifru :

Aaaaaaacccccdeeeeeghiiiiiiillllmmnnnnnnnnn
oooopprrsttttuuuuu

După trei ani, convingîndu-se de justeţea ipotezei sale, Huygens a dat publicităţii sensul anagramei sale :

Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato.

(Ea este înconjurată de un inel subţire, plat, fără nici un punct de atingere, înclinat pe ecliptică).

Iată „Micromegas" (1750), remarca cu privire la faptul că voiajorii lui imaginari, apropiindu-se de Marte, au văzut „două Luni", care serveau această planetă şi care se ascund, pînă în prezent, de ochii astronomilor noştri". În romanul lui Swift, „Călătoriile lui Guliver", scris mai înainte (1720), există un amănunt asemănător : astronomii pitici au descoperit doi sateliţi, care se rotesc în jurul lui Marte. Aceste presupuneri interesante au fost pe de-a-ntregul confirmate abia în 1877, cînd Hall, cu ajutorul unui puternic telescop, a descoperit existenţa celor doi sateliţi ai lui Marte (n. a.).

O planetă mai îndepărtată ca Neptun

În prima ediţie a acestei cărţi (1929) scriam că ultima planetă cunoscută nouă din sistemul solar este Neptun, care se află la o distanţă de 30 de ori mai mare faţă de Soare decît Pămîntul. Acum nu mai pot repeta acelaşi lucru, deoarece anul 1930 a adăugat la sistemul nostru solar un nou membru — a noua planetă, care se învîrteşte în jurul Soarelui, dincolo de Neptun.

Această descoperire nu a constituit chiar o surpriză. Astronomii înclinau de mult să creadă în existenţa unei planete necunoscute, mai îndepărtate ca Neptun. Nu demult, cu o sută şi ceva de ani în urmă, planeta cea mai periferică a sistemului solar era considerată Uranus. Unele perturbaţii în mişcarea lui au dus la presupunerea existenţei unei alte planete, mai depărtate, a cărei forţă de atracţie tulbură mişcarea ordonată a lui Uranus. Calculele matematice în această problemă, efectuate de către matematicianul englez Adams şi astronomul francez Leverrier, s-au soldat cu o descoperire remarcabilă: planeta bănuită a fost prinsă în telescop. Corpul ceresc, descoperit iniţial „în vîrful penei de scris" a savanţilor, a fost descoperit şi de ochiul omului.

Astfel a fost descoperit Neptun. Ulterior s-a constatat că numai influenţa lui Neptun nu explică în totalitate neregulile mişcării lui Uranus. Atunci s-a născut ideea că există o altă planetă, dincolo de Neptun. Ea trebuia găsită, şi matematicienii au început să lucreze la această problemă. S-au propus diferite variante pentru rezolvarea ei; cea de a noua planetă era aşezată la diverse distanţe faţă de Soare şi se atribuie acestui corp ceresc căutat diferite mase.

În 1930 (mai exact la sfîrşitul lui 1929), telescopul a găsit, în cele din urmă, în negura periferică a sistemului solar, un nou membru al familiei noastre planetare, căruia i s-a dat denumirea de Pluton. Această descoperire a fost făcută de tînărul astronom C. Tombaugh.

Pluton se roteşte pe o elipsă, care se apropie foarte mult de una dintre orbitele calculate şi atribuite lui înainte de descoperirea sa. Cu toate acestea, după părerea specialiştilor, acest lucru nu trebuie considerat drept un succes al celui care a făcut calculul; coincidenţa orbitelor în cazul de faţă nu constituie altceva decît o întîmplare interesantă.

Ce cunoaştem despre acest corp ceresc nou descoperit? Deocamdată prea puţin; el se află la o aşa mare depărtare de noi, iar Soarele este atît de zgîrcit în lumina pe care o revarsă asupra lui, încît s-a reuşit cu mare greutate, chiar cu ajutorul celor mai puternice instrumente, să se măsoare diametrul său. S-a constatat că acest diametru este egal cu 5 900 km sau 0,47 din diametrul Pămîntului.

Pluton se mişcă în jurul Soarelui pe o orbită destul de turtită (cu o excentricitate de 0,25), înclinată simţitor (17°) faţă de planul orbitei Pămîntului, la o distanţă de Soare de 40 ori mai mare ca Pămîntul. Pluton face circa 250 de ani pentru a parcurge o singură dată uriaşa sa orbită.

Pe cerul acestei planete Soarele luminează de 1 600 ori mai slab decît pe Pămînt. El este văzut de aici ca un disc micuţ sub un unghi de 45 secunde, adică de mărimea lui Jupiter văzut de noi. Este totuşi interesant de stabilit dacă Soarele pe Pluton luminează mai puternic decît Luna pe Pămînt.

Lumina Soarelui pe îndepărtatul Pluton nu este atît de palidă cum s-ar crede. Luna plină luminează Pămîntul de 440 000 ori mai slab ca Soarele. Pe cerul lui Pluton însă, astrul ceresc luminează mai slab de 1 600 ori decît pe cerul nostru. Deci intensitatea luminii pe Pluton este de $\frac{440\,000}{1\,600}$, adică de 275 ori mai puternică decît lumina Lunei pline pe Pămînt. Dacă cerul lui Pluton este tot aşa de limpede ca pe Pămînt (aceasta este verosimil, deoarece s-ar părea că Pluton nu are atmosferă), lumina zilei, acolo, este egală cu lumina produsă de 275 Luni pline şi este de circa 30 ori mai puternică ca cea mai luminoasă noapte albă la Leningrad. Ar fi deci nedrept să socotim pe Pluton drept împărăţia întunericului veşnic.

Planete-pitici

Cele nouă planete mari despre care am vorbit pînă acum nu încheie numărul planetelor membre ale sistemului nostru solar. Ele pot fi socotite drept reprezentanţii cei mai vizibili ai acestui sistem. În afară de ele, în jurul Soarelui, la distanţe diferite, se rotesc o sumedenie de alte planete mai

mici. Aceşti pitici din lumea planetelor se numesc asteroizi (ceea ce înseamnă — „asemănătoare stelelor") sau pur şi simplu „planete mici". Cea mai importantă dintre ele, „Ceres", are un diametru de 770 km ; ca volum este mult mai mică decît Luna, aproximativ de atîtea ori de cîte ori este mai mică Luna ca Pămîntul.

Prima dintre planetele mici, „Ceres", a fost descoperită în prima noapte a secolului trecut (1 ianuarie 1801). În cursul veacului al XIX-lea au fost descoperite peste 400 dintre aceste planete. Toate planetele mici se învîrtesc în jurul Soarelui între orbitele lui Marte şi Jupiter. De aceea, pînă nu de mult era socotit ca atare că asteroizii sînt aglomeraţi în spaţiosul interval cosmic dintre orbitele planetelor citate mai sus.

Secolul al XX-lea, şi mai ales ultimii ani au extins hotarele zonei asteroizilor. „Eros", planetă mică descoperită încă la sfîrşitul veacului trecut (1898), se situează în afară de limita acestei zone, deoarece o mare parte din elipsa lui se află în interiorul orbitei lui Marte. În 1920, astronomii au dat de asteroidul „Hidalgo", al cărui drum se încrucişează cu orbita lui Jupiter şi trece prin apropierea orbitei lui Saturn. Asteroidul „Hidalgo" este interesant şi din alt punct de vedere. Dintre toate planetele cunoscute el are o orbită dintre cele mai turtite (cu o excentricitate de 0,66) şi totodată are cea mai mare înclinaţie faţă de planul orbitei Pămîntului — în unghi de 43°.

Oportun este să subliniem că această mică planetă a fost botezată în cinstea lui „Hidalgo y Castillia", erou glorios al luptei revoluţionare pentru independenţa Mexico-ului, mort în anul 1811.

Zona planetelor-pitice s-a extins şi mai mult în anul 1936, cînd a fost descoperit un asteroid cu o excentricitate de 0,78. Noul membru al familiei noastre planetare a căpătat denumirea de „Adonis". Particularitatea acestei planete mici, recent descoperită, constă în aceea că punctul cel mai îndepărtat de Soare de pe orbita sa se găseşte la o distanţă aproape egală cu cea a lui Jupiter, iar punctul cel mai apropiat de Soare trece prin apropierea orbitei lui Mercur.

În fine, în anul 1949 a fost descoperită mica planetă „Icar", care posedă o orbită unică. Excentricitatea ei este de 0,83, distanţa maximă faţă de Soare este de două ori mai

mare ca raza orbitei Pămîntului, iar distanța minimă este egală cu aproximativ a cincea parte a distanței dintre Pămînt și Soare. Niciuna dintre planetele cunoscute de noi nu se apropie atît de mult de Soare ca „Icar".

Sistemul de înregistrare a asteroizilor nou descoperiți prezintă un interes general, dat fiind că el poate fi folosit și în alte scopuri decît cele astronomice. Întîi de toate se pune anul în care a fost descoperită planeta, apoi — litera care semnifică jumătatea lunii cînd a fost făcută descoperirea (anul se împarte în 24 jumătăți de lună, fiecare purtînd drept semn o literă din alfabet în ordinea lor consecutivă).

Deoarece în cursul unei jumătăți de lună sînt descoperiți adesea mai mulți asteroizi, în fișa lor se adaugă a doua literă în ordinea alfabetului. Dacă 24 de litere nu ajung, ele sînt luate de la capăt cu cifra indicatoare lîngă ele. De exemplu, 1932 Ea_1 reprezintă asteroidul, descoperit în anul 1932 în prima jumătate a lunii Martie, fiind al 25-lea în ordinea descoperirii lui. După calcularea orbitei planetei nou descoperite, ea capătă număr de ordine, după care i se dă și un nume.

Din sumedenia de planete mici probabil că pînă în prezent numai o mică parte este accesibilă instrumentelor astronomice. Restul scapă din plasa vînătorilor. Calculele ne arată că numărul asteroizilor din sistemul solar trebuie să atingă circa 40—50 de mii.

În prezent, numărul planetelor-pitice interceptate de astronomi trece de 1 500 ; dintre acestea peste o sută au fost descoperite de către astronomii de la Observatorul Simeiz (din Crimeea, pe malul Mării Negre) și, îndeosebi, prin străduințele pasionatului vînător de asteroizi G. N. Neujmin. Cititorul nu se va mira dacă va întîlni printre micile planete denumiri ca : „Vladilena" (în cinstea lui Vladimir Ilici Lenin), precum și „Morozovia" și „Figneria" (în cinstea eroilor de la Schlusselburg), „Simeiza" etc. Din punct de vedere al numărului de asteroizi descoperit, Observatorul din Simeiz deține unul dintre primele locuri în lume ; în ceea ce privește elaborarea problemelor teoretice, legate de asteroizi, astronomia sovietică deține de asemeni un important loc în știința mondială. Institutul de astronomie teoretică de pe lîngă Academia de Științe a U.R.S.S. (din Leningrad) desfășoară de mulți ani lucrări de calcul a poziției unui mare

număr de planete mici şi de perfecţionare a teoriei mişcărilor lor. Institutul publică anual poziţia pe cer, calculată anticipat, a planetelor mici (aşa-zisele *efemeride),* pentru toate observatoarele din lume.

Dimensiunile planetelor mici sînt extrem de variate. Asteroizi mari ca Ceres şi Pallas (cu diametrul de 490 km) sînt doar cîţiva la număr. Circa şaptezeci de asteroizi au un diametru de peste 100 km. Majoritatea planetelor mici sînt cunoscute, au diametrele cuprinse între 20—40 km. În acelaşi timp sînt o mulţime de asteroizi „miniaturi", al căror diametru abia dacă atinge 2—3 km (cuvîntul miniaturi a fost pus în ghilimele, deoarece în limbaj astronomic trebuie să aibă o semnificaţie relativă). Cu toate că foarte mulţi asteroizi nu sînt încă cunoscuţi, se poate afirma cu temei că masa asteroizilor, a celor descoperiţi şi nedescoperiţi, luată în totalitatea lor, constituie numai a mia parte din masa globului pămîntesc. Se presupune că s-a descoperit numai 5% din numărul asteroizilor accesibili telescoapelor moderne.

„S-ar putea crede — scria G.N. Neujmin, cel mai bun cunoscător din U.R.S.S. al planetelor mici — că proprietăţile fizice ale tuturor asteroizilor sînt aproximativ aceleaşi ; în realitate însă, ne ciocnim de o varietate uimitoare. Numai cele stabilite cu privire la capacitatea de reflecţie a primilor patru asteroizi au arătat că Ceres şi Pallas reflectă lumina ca şi rocile muntoase întunecate ale Pămîntului, Junona — ca rocile mai deschise, Vesta — asemenea norilor albi. Este cu atît mai enigmatic acest lucru dacă ne gîndim că asteroizii, pentru că sînt prea mici, nu pot avea atmosferă ; ea le lipseşte fără îndoială, iar deosebirea ce se constată în capacitatea lor de reflecţie trebuie atribuită însuşi materialului din care se compune învelişul planetei".

Cei mai apropiaţi vecini ai noştri

Asteroidul Adonis, amintit de noi în subcapitolul de mai sus, nu se deosebeşte de celelalte planete mici numai prin faptul că orbita sa este extrem de turtită, semănînd cu orbita unei comete. El este remarcabil şi prin aceea că în drumul

său se apropie foarte mult de pămînt. În anul descoperirii sale, Adonis a trecut la o distanță de $1^1/_2$ milioane km de Pămînt. Este adevărat că Luna este mai apropiată de noi. Totuşi Luna, deşi cu mult mai mare ca un asteroid, este mai mică în rang decît acesta din urmă ; ea nu este o planetă de sine stătătoare, ci un satelit al altei planete. Un alt asteroid — Apollon — este de asemenea în drept de a fi socotit printre planetele cele mai apropiate de Pămînt. Acest asteroid, în anul descoperirii lui, a trecut la o distanță de numai 3 milioane km de Pămînt. O astfel de distanță trebuie considerată (din punct de vedere planetar) foarte mică, ținînd seama că Marte în perioada de apropiere maximă de Pămînt se află la o distanță de 55 milioane km, iar Venus, în aceleaşi împrejurări, se găseşte la o distanță de 40 milioane km. Este interesant că acelaşi asteroid se apropie de Venus la o distanță de numai 200 000 km — de două ori mai aproape decît Luna față de Pămînt ! O apropiere mai mare între planete nu cunoaştem în sistemul nostru solar.

Această planetă vecină se deosebeşte şi prin aceea că face parte dintre planetele cele mai mici, înregistrate de astronomi. Diametrul ei nu depăşeşte 2 km, dacă n-o fi chiar mai mic. În 1937 a fost descoperit asteroidul Hermes, care se poate apropia uneori de Pămînt la aceeaşi distanță care ne desparte de Lună (500 mii km). Diametrul său nu depăşeşte 1 km.

Este instructiv să analizăm în acest exemplu ce înseamnă în limbaj astronomic cuvîntul „mic". Un asteroid infim, al cărui volum este numai de 0,52 km^3, adică

$$520\,000\,000 \text{ m}^3 ;$$

în cazul cînd este din granit cîntăreşte aproximativ

$$1\,500\,000\,000 \text{ t.}$$

Din acest material s-ar putea construi 300 de piramide de mărimea piramidelor lui Keops.

Vedeți prin urmare cît de original trebuie interpretat cuvîntul „mic", atunci cînd este folosit de un astronom.

Însoţitorii lui Jupiter

Dintre cei 1 600 asteroizi cunoscuţi pînă în prezent, un grup de 15 planete mici, care au primit denumiri de eroi ai războiului troian, se remarcă prin mişcarea lor aparte. Acestea sînt: Achille, Patrocle, Hector, Nestor, Priam, Agamemnon etc. Fiecare dintre aceste planete „troiane" se mişcă de aşa manieră în jurul Soarelui, că formează în orice moment, împreună cu acesta şi Jupiter, un triunghi echilateral. Putem considera planetele „troiane" drept nişte originali tovarăşi de drum ai lui Jupiter, care îl însoţesc, rămînînd totuşi la o mare distanţă; unul se află la o distanţă de 60° înaintea lui Jupiter, altele se găsesc la aceeaşi distanţă în urma lui, efectuînd împreună, şi în acelaşi timp, înconjurul Soarelui.

Echilibrul acestui triunghi planetar este stabil; dacă vreun asteroid ar evada din poziţia sa, forţele de atracţie le-ar readuce înapoi la locul părăsit.

Cu mult înainte de a fi descoperite planetele „troiane", matematicianul francez Lagrange, în cercetările sale pur teoretice, a stabilit existenţa unei astfel de mişcări echilibrate a trei corpuri ce se atrag reciproc. El considera acest caz ca o interesantă problemă matematică şi presupunea într-o doară că ar putea să existe undeva în Univers asemenea raporturi. Căutarea asiduă a asteroizilor a dus la confirmarea ipotezei teoretice a lui Lagrange prin descoperirea existenţei reale a acestui caz, chiar în cadrul sistemului nostru planetar. Prin aceasta ne convingem, în mod demonstrativ, de însemnătatea pe care o prezintă studierea acelor numeroase corpuri cereşti denumite laolaltă planete mici.

Alte bolţi cereşti

Noi am mai făcut o excursie imaginară pe suprafaţa Lunei, pentru ca de acolo să ne aruncăm privirea pe Pămînt şi pe alţi aştri cereşti.

Să vizităm acum în gînd planetele sistemului solar şi să contemplăm de acolo priveliştea bolţii cereşti.

Începem cu *Venus*. Dacă atmosfera de pe planeta Venus ar fi destul de transparentă, am vedea discul Soarelui de două ori mai mare în suprafaţă ca Soarele văzut de pe Pămînt (fig. 68). În legătură cu aceasta, căldura şi lumina primite de la Soare de Venus au o intensitate dublă faţă de cantitatea de lumină şi căldură iradiate de Soare spre Pămînt. În timpul nopţii am remarcat pe cerul planetei Venus o stea deosebit de luminoasă. Este Pămîntul, care pe cerul lui Venus are o strălucire mai mare decît Venus pe

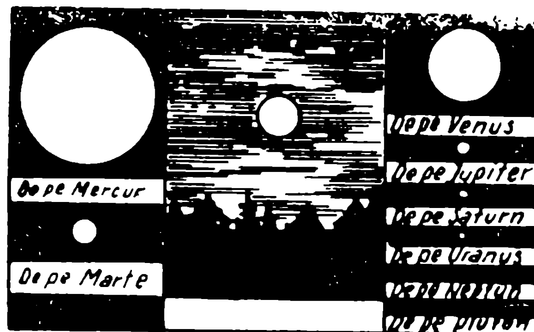


Fig. 68. Dimensiunile vizibile ale Soarelui văzut de pe Pămînt şi de pe alte planete.

cerul nostru, cu toate că dimensiunile ambelor planete sînt aproape aceleaşi. Nu e greu de înţeles de ce lucrurile stau aşa. Venus se roteşte mai aproape de Soare, ca Pămîntul. De aceea, în perioada apropierii maxime faţă de Pămînt nu o putem vedea de loc ; ea este întoarsă spre noi cu partea întunecată a ei. Este nevoie ca să se deplaseze puţin într-o parte spre a deveni vizibilă, şi atunci încă partea luminată reprezintă doar o seceră îngustă, constituind o mică parte din discul planetei. În schimb Pămîntul, în perioada apropierii maxime de Venus, luminează cu discul *plin*, aşa cum se întîmpla cu Marte privit de pe Pămînt în aceleaşi condiţiuni. În concluzie, pe cerul lui Venus, Pămîntul, în faza lui plină, luminează de şase ori mai puternic ca Venus la noi în perioada de strălucire maximă a ei. Repetăm : ipoteza de mai sus este condiţionată de existenţa unui cer perfect limpede pe planeta vecină. Ar fi eronat însă să credem că strălucirea Pămîntului, revărsîndu-se din plin pe partea umbrită a planetei Venus, ar putea condiţiona „lumina cenuşie“ a ei : lumina iradiată de pe Pămînt spre Venus este egală

ca intensitate cu lumina provenită de la o lumînare la o distanţă de 35 m ; fireşte, o astfel de lumină nu este suficientă pentru a da naştere fenomenului „luminii cenuşii".

Lumina Pămîntului pe cerul lui Venus se uneşte de multe ori cu lumina Lunei care, luată separat, străluceşte, văzută de pe Venus, de patru ori mai puternic decît Sirius. Este problematic ca în sistemul solar să se găsească un obiect care să lumineze mai puternic ca acest cuplu de aştri — Pămînt-Lună — care împodobesc cerul lui Venus. De pe această planetă, de cele mai multe ori, Pămîntul şi Luna s-ar putea vedea separat, iar în telescop s-ar profila chiar detaliile de pe suprafaţa Lunei.

O altă planetă, strălucind viu pe cerul lui Venus, este Mercur — Luceafărul ei din zori şi amurg. Dar, şi de pe Pămînt, Mercur străluceşte ca o stea luminoasă în faţa căreia Sirius păleşte. Pe Venus el străluceşte aproape de trei ori mai puternic decît pe Pămînt. În schimb, strălucirea lui Marte aici este de $2^1/_2$ ori mai slabă ; mai slabă ca a lui Jupiter, văzut de noi.

În ceea ce priveşte stelele fixe, aşezarea constelaţiilor pe cerul tuturor planetelor din sistemul solar este absolut identică. De pe Mercur, Jupiter, Saturn, Neptun sau Pluton am vedea stelele aşezate în acelaşi fel. Atît de mare este distanţa la care se află stelele în comparaţie cu distanţele planetare !



Să ne luăm zborul de pe Venus spre micul Mercur. Să ne mutăm în lumea ciudată, lipsită de atmosferă, a acestei planete, unde nu există zi şi noapte. Aici Soarele stă suspendat pe cer, ca un disc uriaş, a cărui suprafaţă este de şase ori mai mare decît a Soarelui văzut de pe Pămînt (fig. 68). Planeta noastră luminează de două ori mai puternic pe cerul lui Mercur, decît Venus pe Pămînt. Însăşi Venus are aici o strălucire neobişnuită. Nicăieri în sistemul nostru planetar, nici o stea şi nici o planetă nu luminează aşa orbitor ca Venus pe cerul negru, fără nori, al planetei Mercur.



Să ne mutăm pe Marte. De aici discul Soarelui se vede de trei ori mai mic în suprafaţă decît pe Pămînt (fig. 68). Planeta noastră reprezintă pentru Marte Luceafărul de dimineaţă

şi de seară, aşa cum este pentru noi Venus, doar că este ceva mai puţin strălucitoare ca ea, avînd cu aproximaţie strălucirea lui Jupiter văzut de noi. Pămîntul nu poate fi văzut niciodată de aici în faza lui plină ; marţienii nu ar putea vedea decît cel mult 3/4 din discul pămîntului. Luna noastră ar fi văzută de pe Marte cu ochiul liber, ca o stea aproape tot atît de strălucitoare ca şi Sirius. Prin telescop s-ar putea urmări atît fazele Pămîntului, cît şi fazele Lunei.

Remarcabil trebuie să fie pe cerul lui Marte cel mai apropiat satelit al său — Phobos ; cu toată micimea lui (diametrul de 16 km), pentru că este aşa de aproape de Marte, în perioada de „Phobos plin“ străluceşte de 25 de ori mai puternic ca Venus la noi. Cel de al doilea satelit — Deimos — are o strălucire mult mai mică ; totuşi, pe cerul lui Marte, şi el luminează mai puternic decît Pămîntul. Deşi dimensiunile lui Phobos sînt mici, el fiind atît de aproape de Marte, de aci se pot vedea perfect toate fazele lui. Un om cu o privire ageră ar putea probabil observa şi fazele lui Deimos (Deimos este vizibil de pe Marte sub un unghi de 1 minut, iar Phobos — sub un unghi de 6 minute).

Înainte de a porni mai departe, să ne oprim puţin pe suprafaţa celui mai apropiat satelit al lui Marte. Vom admira de aici o privelişte excepţională : pe cer străluceşte, schimbîndu-şi la intervale scurte fazele, un disc uriaş, de cîteva mii de ori mai luminos decît Luna pe cerul nostru. Este Marte. Discul său ocupă pe cer 41°, adică de 80 de ori mai mult decît Luna la noi. O astfel de privelişte neobişnuită se mai poate vedea numai pe cerul celui mai apropiat satelit al lui Jupiter.



Să trecem mai departe pe planeta uriaşă mai susamintită. Dacă cerul pe Jupiter ar fi senin, Soarele ar lumina aici ca un disc de 25 de ori mai mic în suprafaţă decît pe cerul nostru (fig. 80) ; lumina iradiată de el ar fi tot de atîtea ori mai slabă. Ziua scurtă de cinci ore este urmată curînd de noapte ; începem să căutăm pe cerul înstelat planetele cunoscute. Le vom găsi ; dar ce schimbate sînt ! Mercur se pierde complet în razele Soarelui ; Venus şi Pămîntul pot fi observate în telescop doar în amurg — ele apun o dată cu

Soarele[1]. Marte abia se zărește. În schimb Saturn rivalizează în strălucire cu Sirius.

Un loc vizibil pe cerul lui Jupiter îl dețin „Lunile" lui: sateliții I și II au aceeași strălucire ca Pămîntul pe cerul lui Venus; satelitul III este de trei ori mai luminos ca Pămîntul văzut de pe Venus, iar sateliții IV și V — de cîteva ori mai strălucitori ca Sirius. În ceea ce privește dimensiunea lor, diametrul aparent al primilor patru sateliți este mai mare ca diametrul aparent al Soarelui. Primii trei sateliți la fiecare înconjur trec prin umbra lui Jupiter, astfel că în faza lor plină nu sînt vizibili niciodată. În această lume au loc de asemeni și eclipse totale de Soare. Zona de vizibilitate a lor se reduce însă la o fîșie foarte îngustă de pe suprafața lui Jupiter.

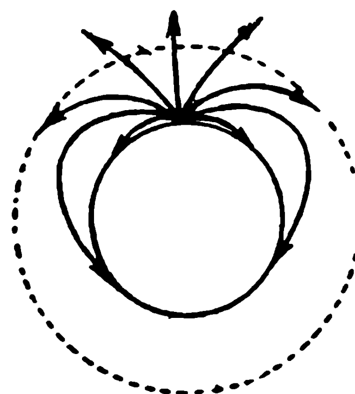


Fig. 69. Presupusa refracție a razelor de lumină în atmosfera lui Jupiter. (Despre consecințele acestui fenomen, vezi textul.)

Este problematic însă că atmosfera de pe Jupiter este tot așa de transparentă ca pe Pămînt; înălțimea și densitatea ei pun la îndoială acest lucru. Densitatea pronunțată a atmosferei pe Jupiter poate condiționa aici un fenomen optic foarte original, legat de refracția razelor de lumină. Refracția razelor în atmosfera Pămîntului este neînsemnată și are drept consecință înălțarea (optică) a aștrilor de pe cer. Înălțimea și densitatea mare a atmosferei pe Jupiter ar putea, eventual, da naștere la fenomene optice asemănătoare mult mai pronunțate. Razele, plecînd cu o mare înclinație dintr-un punct al suprafeței (fig. 69), nu părăsesc atmosfera, *ci se curbează* în jurul planetei, ca undele-radio în atmosfera Pămîntului. Dacă în acest punct s-ar afla un observator, ar putea vedea un fenomen extrem de neobișnuit. I se va părea că se află în fundul unei cupe uriașe. În interiorul cupei se întinde aproape întreaga suprafață a giganticei planete, ale cărei contururi se îngustează mult în apropierea marginilor cupei. Deasupra cupei se întinde cerul — nu bolta cerească ca la

[1] Pămîntul pe cerul lui Jupiter luminează ca o stea de magnitudinea 8-a (n. a.).

noi — ci *cerul întreg*, care spre marginile cupei devine spălăcit şi ceţos în contururile sale. Soarele nu dispare niciodată de pe acest cer ciudat, astfel că la miezul nopţii el poate fi văzut din orice punct al planetei. Deocamdată, fireşte, nu putem afirma că pe Jupiter s-ar petrece în realitate astfel de fenomene.

De mare efect este priveliştea pe care o prezintă însăşi Jupiter văzut de pe cei mai apropiaţi sateliţi ai săi (fig. 70).



Fig. 70. Jupiter văzut de pe cel de al treilea satelit al său.

De pildă, văzut de pe cel de al V-lea satelit al său (cel mai apropiat), discul uriaş al planetei are un diametru de aproape 90 de ori mai mare ca diametrul Lunei [1] şi luminează doar de 6—7 ori mai slab ca Soarele. Cînd marginea lui inferioară atinge orizontul, marginea superioară trece prin mijlocul bolţii cereşti. Coborînd sub linia orizontului, discul ocupă a opta parte din conturul său. Peste acest disc, cu o mare viteză de rotaţie, trec din cînd în cînd cercuri întunecate — sînt umbrele sateliţilor lui Jupiter — care, bineînţeles, nu au puterea de a „umbri" mai simţitor gigantica planetă.

Trecînd la următoarea planetă — *Saturn* — vom urmări numai cum ar apărea în ochii unui spectator de pe Saturn vestitele inele ale acestei planete. Aflăm, în primul rînd,

[1] Unghiul sub care s-ar vedea diametrul lui Jupiter de pe acest satelit este de peste 44° (n. a.).

că aceste inele nu se văd din toate punctele de pe suprafața lui Saturn. Pornind de la poli și pînă la paralela 64 este zona în care inelele nu se văd de loc. La hotarul acestor zone polare poate fi văzută doar marginea exterioară a inelului exterior (fig. 71). Începînd cu paralela 64 pînă la paralela 50, condițiile de vizibilitate a inelelor se ameliorează, ele încep să se vadă tot mai mult, iar la paralela 50 putem admira lățimea integrală a inelelor, care se prezintă sub un unghi maximum de 12°. O dată cu apropierea de ecuatorul planetei ele încep să se îngusteze pentru ochiul nostru, cu toate că se înalță față de orizont. La ecuatorul lui Saturn inelele pot fi văzute sub forma unei dungi foarte înguste, care taie bolta cerească de la apus la răsărit și trece prin zenit.

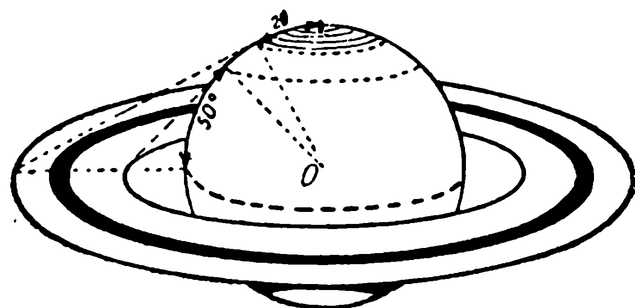


Fig. 71. Cum stabilim vizibilitatea inelelor lui Saturn pentru diferite puncte de pe suprafața acestei planete. În zona polară, pînă la paralela 64, inelele nu se văd de loc.

Cele spuse de noi nu ne dau totuși imaginea completă a condițiilor de vizibilitate a inelelor lui Saturn. Trebuie să nu uităm că numai o singură parte a inelelor este luminată în permanență, cealaltă rămînînd în umbră. Această parte luminată este vizibilă doar de pe acea jumătate a lui Saturn spre care este întoarsă. În decursul unei îndelungate jumătăți de an „saturnian“, inelele pot fi văzute numai de pe o jumătate de planetă (în restul timpului, ele se văd de pe cealaltă jumătate) și, de cele mai multe ori, numai în cursul zilei. În orele scurte, cînd inelele pot fi văzute noaptea, ele sînt acoperite de umbra planetei. În sfîrșit, încă un amănunt interesant : zonele ecuatoriale ale planetei sînt uneori acoperite de umbra inelelor ani „pămînteni“ de-a rîndul.

Fără îndoială că cel mai feeric tablou l-ar putea privi un spectator de pe unul din cei mai apropiați sateliți ai lui Saturn. Cînd această planetă împreună cu inelele sale nu este în fază plină și apare ca o seceră, prezintă aici o priveliște ce nu poate fi admirată din nici un alt punct al familiei noas-

Șistemul planetar

Dimensiuni. Masă. Densitate. Sateliți.

Numele planetei	Diametrul mijlociu			Volumul (Păm. = 1)	Masa (Păm. = 1)	Densitatea		Nr. de sateliți
	aparent în sec. de arc.	calculat				Păm. = 1	Apa = 1	
		în km.	pămînt = 1					
Mercur	14—4,7	4 700	0,37	0,050	0,054	1,00	5,5	—
Venus	64—10	12 400	0,97	0,90	0,814	0,92	5,1	—
Pămîntul	—	12 757	1	1,00	1,000	1,00	5,52	1
Marte	25—3,5	6 600	0,52	0,14	0,107	0,74	4,1	2
Jupiter	50—30,5	142 000	11,2	1295	318,4	0,24	1,35	12
Saturn	20,5—15	120 000	9,5	74[illegible]	95,2	0,13	0,71	9
Uranus	4,2—3,4	51 000	4,0	63	14,6	0,23	1,30	5
Neptun	2,4—2,2	55 000	4,3	78	17,3	0,22	1,20	2
Pluton	0,2?	5 900	0,47	0,1	?	?	?	?

Distanța. Revoluția. Rotația. Gravitația

Numele planetei	Distanța mijlocie		Excentricitatea orbitei	Durata revoluției în jurul Soarelui în ani tereștri	Viteza mijlocie pe orbită în km/sec	Perioada de rotație în jurul axei proprii	Înclinarea planului Ecuatorului pe planul orbitei	Intensitatea gravitației pe suprafață (Păm. = 1)
	În unități astronomice	În milioane de km						
Mercur	0,387	57,9	0,21	0,24	47,8	88	?	0,26
Venus	0,723	108,1	0,007	0,62	35	30?	?	0,90
Pămînt	1,000	149,5	0,017	1	29,76	23—56	23°27′	1
Marte	1,524	227,8	0,093	1,88	24	24 37	25°10′	0,37
Jupiter	5,203	777,8	0,048	11,86	13	9 55	3°01′	2,64
Saturn	9,539	1 426,1	0,056	29,46	9,6	10 14	26°45′	1,13
Uranus	19,191	2 869,1	0,047	84,02	6,8	10 48	98°00′	0,84
Neptun	30,071	4 495,7	0,009	164,8	5,4	15 48	29°36′	1,14
Pluton	39,458	5 899,1	0,25	247,7	4,7	?	?	?

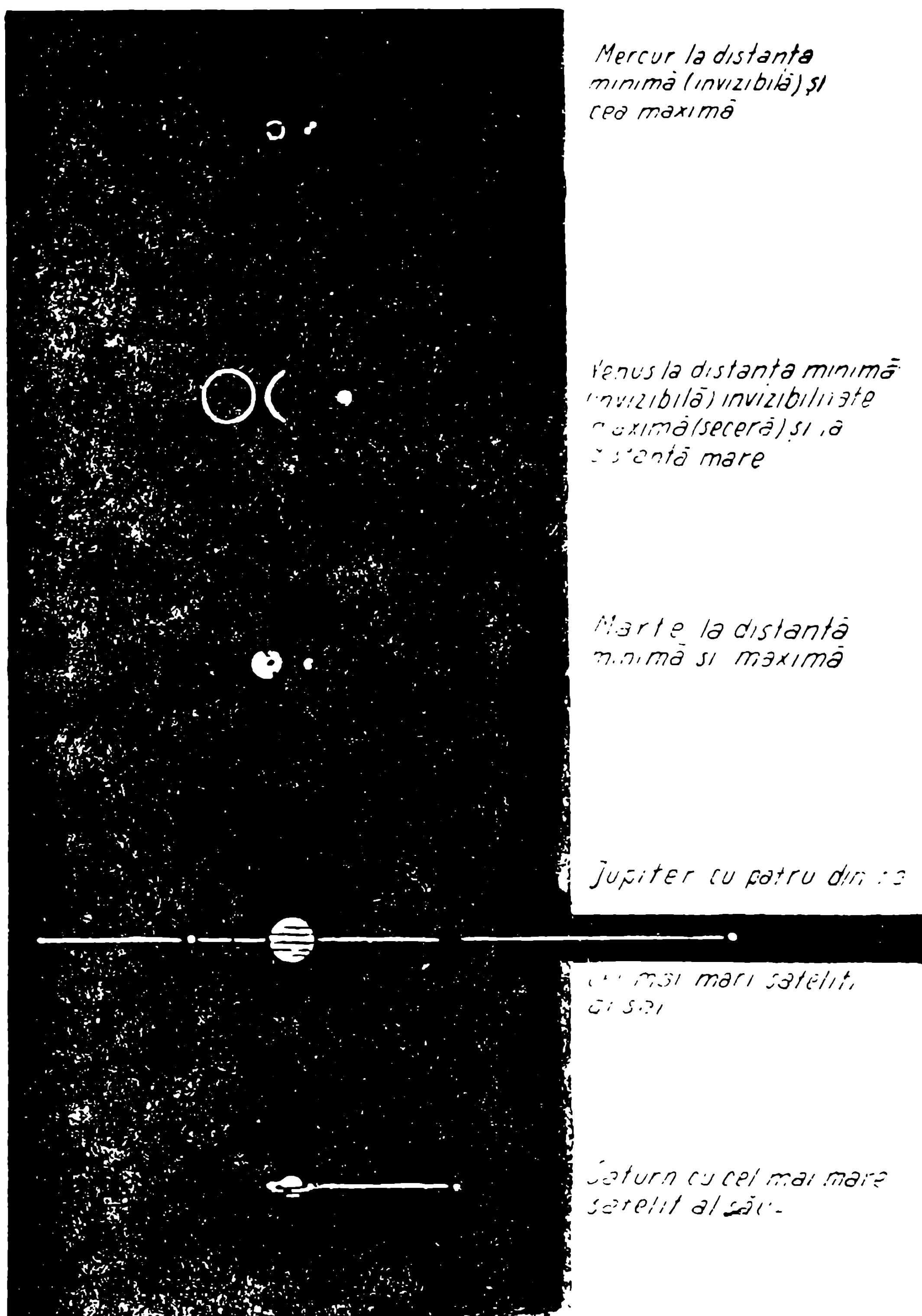


Fig. 72. Cum se văd Luna şi planetele într-un telescop care măreşte de 100
planetelor şi ale Lunei se prezintă



ori. Desenul trebuie ţinut la o distanţă de 25 cm de ochi ; atunci discurile aşa cum le vede ochiul in telescop.

tre planetare. Pe cer se profilează o seceră uriaşă întretăiată de dunga îngustă a inelelor, văzute dintr-o parte, iar în jurul lor se află grupul inelelor lui Saturn, de asemenea sub formă de seceri, cu deosebirea că sînt mult mai mici.

Tabelul de mai jos arată — în ordine descrescîndă — strălucirea comparativă a diferitelor corpuri cereşti pe cerul altor planete.

1. Venus de pe Mercur
2. Pămîntul de pe Venus
3. Pămîntul de pe Mercur
4. *Venus de pe Pămînt*
5. Venus de pe Marte
6. Jupiter de pe Marte
7. *Marte de pe Pămînt*
8. Mercur de pe Venus
9. Pămîntul de pe Marte
10. *Jupiter de pe Pămînt*
11. Jupiter de pe Venus
12. Jupiter de pe Mercur
13. Saturn de pe Jupiter

Am subliniat rîndurile 4, 7 şi 10 planetele văzute de pe Pămînt, pentru că strălucirea lor cunoscută nouă ne poate servi ca bază în aprecierea vizibilităţii corpurilor cereşti de pe alte planete. Din acest tabel reiese, în mod demonstrativ, că propria noastră planetă — Pămîntul — din punct de vedere al luminozităţii, deţine unul din primele locuri pe cerul planetelor celor mai apropiate de Soare ; chiar pe cerul lui Mercur ea străluceşte mai puternic decît Venus şi Jupiter la noi.

În paragraful „Magnitudinea stelară a planetelor" (cap. IV) vom reveni la o apreciere cantitativă mai exactă a strălucirii Pămîntului, precum şi a altor planete.

În încheiere dăm o serie de date cifrice, referitoare la sistemul solar. Ele ar putea fi necesare cititorului din punct de vedere informativ.

Soarele : diametru — 1 390 600 km, volum (în raport cu al Pămîntului) 1 301 200, masa (în raport cu a Pămîntului) — 333 434, densitatea (în raport cu apa) — 1,41.

Luna : diametru — 3 473 km, volum (Pămîntul = 1) — 0,0203, masa (Pămîntul = 1) — 0,0123, densitatea (apa = 1) — 3,34. Distanţa medie de la Pămînt 384 400 km.

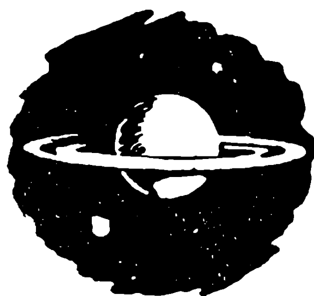
Tabelul de la pag. 154 conţine date referitoare la planetele sistemului solar.

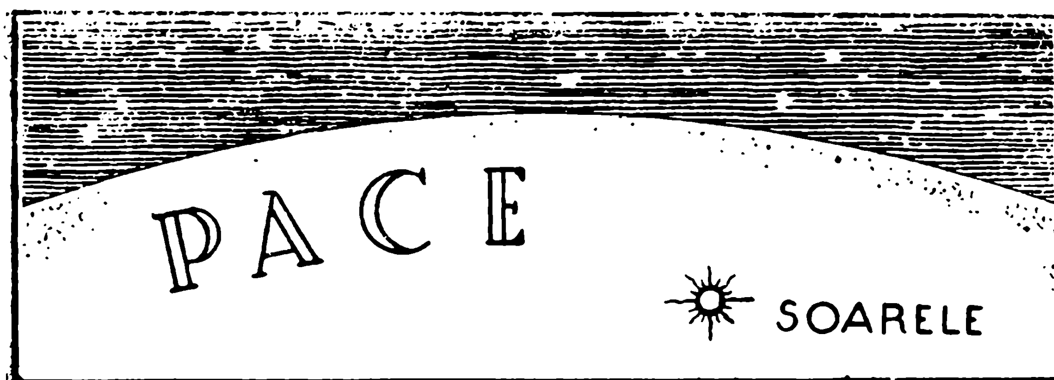
Figura 72 prezintă imaginea demonstrativă de felul cum apar planetele într-un telescop mijlociu, cu putere de mărire

de 100 de ori. Spre comparaţie, în partea stîngă se arată Luna, văzută prin acelaşi telescop (desenul trebuie ţinut la o distanţă de vizibilitate clară, adică la 25 cm de ochi). Sus în dreapta este redat Mercur, mărit în aceeaşi măsură, în perioadele de apropiere minimă şi maximă de Pămînt. Dedesubt este Venus, apoi Marte, sistemul lui Jupiter, şi la urmă Saturn cu cel mai mare satelit al său. [1]

---

[1] Celor ce doresc să-şi completeze individual cunoştinţele cu privire la sistemul solar li se poate recomanda „Cursul de astronomie generală" al Prof. S. N. Blajev, Gostehizdat, 1947, curs care cuprinde amănunte în această problemă (n. a.).





CAPITOLUL IV

STELELE

De ce stelele au aspect de stele?

Privind stelele cu ochiul liber vedem că ele au raze. Motivul pentru care stelele ne apar cu raze se datoreşte ochiului nostru, al cărui cristalin nu dispune de o suficientă transparenţă, deoarece nu are o constituţie omogenă ca sticla de bună calitate, ci o constituţie fibroasă. Iată ce spune Helmholtz despre asta (în articolul „Succesele teoriei văzului"):

„Imaginea punctelor luminoase, formată în interiorul ochiului, sclipeşte neîntemeiat. Vina o poartă cristalinul, ale cărui fibre sînt aşezate în şase direcţii radiale. Razele care ni se par că provin dintr-un punct luminos — de exemplu de la stele sau de la lumini îndepărtate — nu sînt altceva decît manifestări ale conformaţiei radiale a cristalinului. Cît de generalizat este acest neajuns al ochiului reiese din faptul că orice obiect strălucitor se spune, de obicei, că are formă de stea."

Există modalitatea de a ne elibera de influenţa acestui neajuns al cristalinului nostru şi să vedem stelele lipsite de raze, fără a face uz de telescop. Această modalitate a fost indicată cu 400 de ani în urmă de Leonardo da Vinci.

„Priveşte — scria el — stelele fără raze. Aceasta se poate realiza privindu-le printr-un orificiu extrem de mic, printr-o

gaură de ac, de care îți apropii ochiul. Vei vedea stelele atît de mici, încît nimic nu poate să ți se pară mai mic ca ele."

Spusele lui Vinci nu contravin celor afirmate de Helmholtz despre proveniența „razelor stelare". Dimpotrivă, experiența descrisă confirmă această teorie : privind printr-un orificiu foarte mic, lăsăm să treacă spre ochiul nostru doar o fîșie subțire de lumină, care trece prin centrul cristalinului, pentru care motiv nu suportă influența structurii sale radiale [1].

Prin urmare, dacă ochiul nostru ar avea o conformație mai perfectă, nu am vedea pe cer „stele", ci mici puncte luminoase.

De ce stelele sclipesc, iar planetele lucesc fără a sclipi ?

A deosebi cu ochiul liber o stea fixă de una „rătăcitoare", adică de o planetă [2], este foarte ușor, chiar fără să cunoști harta bolții cerești. Planetele lucesc cu o lumină *constantă,* în timp ce stelele sclipesc în permanență, parcă ar exploda, au un tremur, intensitatea lor de lumină variază, iar stelele mai vii, mai luminoase, nu departe de orizont, își schimbă din clipă în clipă culorile. „Această lumină — spune Flammarion — cînd vie, cînd slabă, schimbîndu-se de la o clipă la alta, ba albă, ba verde, ba roșie, sclipitoare ca un diamant transparent, înviorează pustiurile stelare, îndemnîndu-te să vezi în stele niște ochi ce privesc spre pămînt". Stelele sclipesc deosebit de puternic și frumos în nopțile cu ger, atunci cînd e vînt, sau după ploaie, cînd cerul s-a curățat de nori [3]. Stelele din apropierea orizontului sclipesc mai puternic

---

[1] Vorbind despre razele stelelor nu ne referim la raza care parcă coboară de pe stea spre ochiul nostru în clipa cînd o privim cu ochiul făcut mic : acest fenomen este condiționat de difracția luminii pe genele ochiului (n. a.).

[2] Sensul inițial al cuvîntului grecesc „planeta" înseamnă „stea rătăcitoare" (n. a.).

[3] În timpul verii, sclipirea puternică a stelelor precede ploaia, după cum prevestește și apropierea ciclonului. Înaintea ploii stelele se scaldă exclusiv într-o lumină *albastră,* iar înainte de secetă, într-o lumină *verde* (n. a.).

decît cele ce strălucesc sus pe bolta cerească ; stelele albe mai puternic decît stelele gălbui sau roşiatice.

Asemenea razelor de lumină sclipirea nu constituie o proprietate a stelelor ; ea este un atribut al atmosferei prin care razele stelelor trebuie să treacă înainte de a ajunge la ochiul nostru. Dacă ne-am ridica deasupra învelişului *de gaz în perpetuă mişcare,* prin care privim Universul, nu am mai observa că stelele sclipesc : acolo ele strălucesc cu o lumină constantă, fără fluctuaţii.

Cauza care stă la baza sclipirii stelelor este aceeaşi care face ca, în zilele cu arşiţă, cînd solul este încins de Soare, obiectele din depărtare să tremure parcă.

Lumina stelelor nu trece printr-un mediu omogen, ci prin straturi de gaze cu temperaturi şi densităţi diferite, prin urmare şi cu o putere de refracţie diferită. Ai impresia că într-o astfel de atmosferă s-au împrăştiat fel de fel de prisme optice, lentile convexe şi concave, care îşi schimbă necontenit poziţia. Datorită lor, razele de lumină suferă numeroase devieri de la drumul drept, cînd concentrîndu-se, cînd dispersîndu-se. Această împrejurare cauzează schimbările de intensitate a luminii stelelor şi, pentru că o dată cu refracţia se produce şi descompunerea luminii, oscilaţiile de intensitate ale luminii stelelor sînt însoţite de variaţii de *culori.*

Astronomul G. A. Tihov, care a studiat fenomenul sclipirii stelelor, scrie că „există metode care permit să se calculeze de cîte ori îşi schimbă o stea culoarea într-un interval de timp anumit. S-a constatat că aceste schimbări se petrec cu multă rapiditate, iar numărul lor oscilează de la caz la caz, între cîteva zeci pînă la o sută de ori şi mai bine pe secundă. Ne putem convinge de acest lucru foarte simplu, în felul următor : luaţi un binoclu şi priviţi prin el la o stea luminoasă mişcînd în cerc cu rapiditate partea dinspre obiectivul său. În locul stelei veţi vedea un inel format din mai multe stele de culori diferite. Cînd sclipirea stelelor nu este prea vie, sau cînd răsucim binoclul mai încet, în locul inelului de stele obţinem nişte dungi de culori şi mărimi diferite".

Ne rămîne să explicăm de ce planetele, spre deosebire de stele, nu sclipesc, ci strălucesc cu o lumină constantă. Planetele sînt mult mai aproape de noi ca stelele ; de aceea ochiul nostru nu le vede ca nişte puncte, ci ca nişte *cerculeţe* luminoase, sau discuri, cu dimensiuni unghiulare, însă aşa de mici

încît, datorită strălucirii orbitoare a lor, aceste dimensiuni unghiulare aproape că nu se observă.

Fiecare punct în parte al unui astfel de disc sclipeşte, dar variaţia de intensitate şi culoare a diferitelor puncte se produce independent unul de altul, în momente diferite de timp, pentru care motiv se completează unul pe celălalt; diminuarea de intensitate în strălucirea unui punct coincide cu intensificarea strălucirii celuilalt punct, aşa încît intensitatea totală de luminozitate a planetei rămîne neschimbată. Iată de ce planetele au o lumină constantă, fără sclipiri.

Prin urmare, planetele nu sclipesc în ochii noştri, pentru că mai multe puncte de pe suprafaţa lor sclipesc laolaltă în momente diferite.

Sînt vizibile stelele ziua?

În timpul zilei, deasupra noastră, se găsesc pe cer acele constelaţii, care peste o jumătate de an vor împodobi din nou cerul de noapte. Atmosfera Pămîntului luminată de Soare ne împiedică să le vedem, deoarece particulele de aer dispersează razele Soarelui într-o cantitate mai mare decît cele pe care ni le trimit stelele [1].

O experienţă simplă ne poate demonstra această dispariţie a stelelor în timpul zilei. În peretele unei cutii de carton se perforează cîteva puncte asemănătoare unei constelaţii oarecare, iar pe partea exterioară se lipeşte o coală de hîrtie albă. Cutia este pusă într-o cameră obscură şi se luminează în interiorul ei; în orificiile peretelui perforat apar în evidenţă puncte luminoase. Dacă aprindem însă lumina în cameră, fără a o stinge pe cea din interiorul cutiei, stelele

---

[1] Privind cerul de pe un munte înalt, astfel ca partea cea mai densă şi prăfuită a atmosferei să fie mai jos de tine, ai putea vedea şi în timpul zilei stelele mai luminoase. Astfel, de pe muntele Ararat (5 km înălţime), la ora două ziua se pot vedea bine stelele de magnitudinea întîi; acolo cerul este albastru închis. Este curios însă că echipajul stratostatului „Osoaviahim 1", aflîndu-se la o înălţime de 21 km, nu a remarcat vreo stea, deşi cerul avea o culoare „neagră-violet", potrivit însemnărilor lui Fedoseenko şi Vasenko (n. a.).

artificiale de pe coala de hîrtie vor dispărea fără urmă ; această „lumină a zilei“ trece în umbră stelele.

De multe ori citim că din fundul unor mine adînci, din fundul fîntînilor sau a coşurilor înalte de fum etc., stelele pot fi văzute şi ziua. Această convingere destul de frecventă, în sprijinul căreia erau citate personalităţi cu renume, a fost supusă recent la o verificare critică şi contestată în cele din urmă.

În realitate, nimeni dintre autorii care au scris despre asta — de la Aristotel, din antichitate, şi pînă la Herschel, în secolul al XIX-lea — nu a văzut stelele în asemenea împrejurări. Toţi vorbesc despre mărturiile unor terţe persoane. Dar în ce măsură sînt uneori neverosimile mărturiile unor „martori oculari“ ne-o demonstrează următorul exemplu : Într-o revistă americană a apărut un articol care considera de domeniul fanteziei afirmaţia că stelele pot fi văzute ziua din fundul unei fîntîni. Această părere a fost energic combătută de scrisoarea unui fermier care pretindea că văzuse el însuşi în timpul zilei stelele Capella şi Algol dintr-un turn de siloz înalt de 20 de metri. Verificîndu-se acest lucru, s-a lămurit că la latitudinea unde se afla ferma respectivului martor ocular, niciuna din stelele indicate nu se afla la zenit în perioada din an indicată, deci nu puteau fi văzute din adîncul turnului.

Din punct de vedere teoretic nu există temeiuri care să confirme că o mină sau o fîntînă ar putea contribui la vizibilitatea stelelor în timpul zilei. Cum am mai spus, stelele nu pot fi văzute ziua pentru că le copleşeşte lumina difuză a cerului. Această circumstanţă rămîne neschimbată chiar pentru un ochi aflat în fundul minei. Lipseşte doar lumina laterală de-a lungul pereţilor minei, dar razele împrăştiate de toate particulele straturilor de aer deasupra deschizăturii minei trebuie să împiedice, în aceeaşi măsură, vizibilitatea stelelor.

În această împrejurare are importanţă un singur fapt : că pereţii fîntînii feresc ochii de razele puternice ale Soarelui, ceea ce ar facilita doar vizibilitatea planetelor mai luminoase şi nicidecum a stelelor.

Stelele pot fi văzute în telescop în cursul zilei nu pentru că le privim „din fundul unui tub“, ci pentru că refracţia razelor în sticlă şi reflexia lor în oglinzi diminuează luminozi-

tatea sectorului respectiv din bolta cerească, în timp ce, dimpotrivă, strălucirea stelei însăşi (văzută ca un punct) se intensifică. Într-un telescop al cărui obiectiv are un diametru de 7 cm pot fi văzute în timpul zilei stele de magnitudinea unu sau chiar doi. În ceea ce priveşte minele, fîntînile sau coşurile de fum, ele nu au nici o legătură cu vizibilitatea stelelor în timpul zilei.

Alta este situaţia cînd vorbim despre planete cu o mare luminozitate ca Venus, Jupiter sau Marte în perioada de distanţă minimă faţă de Pămînt. Ele strălucesc mult mai puternic decît stelele şi de aceea pot fi văzute chiar ziua, dacă sînt condiţii favorabile [1].

Ce reprezintă magnitudinea stelară?

Faptul că există stele de magnitudinea unu sau magnitudinea doi îl cunosc şi cei ce sînt profani în problemele de astronomie. Aceste expresii sînt uzuale. Prea puţini ştiu însă că stelele mai pot fi şi de magnitudinea zero sau chiar de magnitudine negativă. Li s-ar părea curios ca cei mai strălucitori aştri cereşti să facă parte din categoria stelelor de mărime negativă. De pildă, Soarele nostru este „o stea de magnitudinea minus 27". Unii ar putea susţine, eventual, că se denaturează noţiunea de număr negativ. Cu toate acestea tocmai aici ni se oferă un exemplu demonstrativ de aplicare consecventă a teoriei numerelor negative.

Vom analiza mai detaliat clasificarea stelelor după mărimi. Nu este nevoie să subliniem că prin „mărimea [2] sau magnitudinea" unei stele nu înţelegem, în acest caz, dimensiunile ei geometrice, ci strălucirea ei vizibilă. Încă din antichitate, stelele mai strălucitoare care se aprindeau primele pe bolta cerească au fost catalogate şi considerate stele de mărimea întîi. După ele veneau stelele de mărimea a doua, de mărimea a treia etc., pînă la cele de mărimea a şasea, care abia se

---

[1] Vezi, în legătură cu aceasta, la pag. 121 subtitlul „Planetele la lumina zilei" (n. r.).

[2] În ultima vreme se utilizează numai termenul de „magnitudine" (n. red. rom.).

zăresc cu ochiul liber. Această împărțire subiectivă a stelelor nu putea satisface pe astronomii moderni. S-au elaborat baze mai riguroase de clasificare a stelelor după strălucirea lor, și iată în ce fel : s-a stabilit că cele mai strălucitoare stele sînt în *medie* (aceste stele nu au o strălucire egală) de 100 ori mai strălucitoare ca cele mai slabe stele vizibile cu ochiul liber.

Scala de gradații a strălucirii stelelor este stabilită în așa fel, că raportul de strălucire dintre două stele de mărimi consecutive rămîne constant. Dacă echivalăm acest „raport de luminozitate" cu „n", obținem :

Stelele de mărimea 2 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 1 de „n" ori,
Stelele de mărimea 3 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 2 de „n" ori,
Stelele de mărimea 4 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 3 de „n" ori etc.

Dacă comparăm însă strălucirea stelelor de toate magnitudinile cu strălucirea stelelor de magnitudinea unu vom avea :

Stelele de mărimea 3 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 1 de n^2 ori,
Stelele de mărimea 4 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 1 de n^3 ori,
Stelele de mărimea 5 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 1 de n^4 ori,
Stelele de mărimea 6 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 1 de n^5 ori.

Cercetările au dus la concluzia că $n^5 = 100$. În această situație nu este greu de aflat (cu ajutorul logaritmilor) valoarea raportului de lumină „n"

$$n = \sqrt[5]{100} = 2,5$$ [1]

Prin urmare, stelele de o anumită magnitudine luminează de $2^1/_2$ ori mai slab ca stelele magnitudinii precedente.

[1] Coeficientul mai exact al raportului de luminozitate este de 2,512 (n. a.).

Algebra siderală

Vom cerceta mai amănunţit grupul stelelor cu strălucire mai mare. Am mai remarcat că ele nu strălucesc la fel ; unele luminează de cîteva ori mai puternic decît strălucirea medie, altele mai slab ; (strălucirea medie a acestor stele depăşeşte de 100 de ori strălucirea stelelor abia vizibile cu ochiul liber).

Să găsim cum poate fi exprimată strălucirea stelelor care luminează de $2^1/_2$ ori mai puternic ca o stea medie de mărimea întîi. Care este cifra premergătoare lui 1 ? Cifra 0. Deci aceste stele trebuie trecute în categoria stelelor de mărimea „zero". La ce categorie, însă, trebuie trecute stelele care nu depăşesc luminozitatea stelelor de mărimea întîi de $2^1/_2$ ori, ci de $1^1/_2$ ori sau de două ori ? Locul lor este între magnitudinile 1—0, adică mărimea stelară a astrului respectiv se exprimă printr-o fracţie pozitivă ; se spune uneori despre o stea că este de „mărimea 0,9", de „mărimea 0,6" etc. Aceste stele sînt *mai strălucitoare* decît o stea de mărimea întîi.

După cele spuse, devine limpede necesitatea introducerii numerelor negative pentru notarea strălucirii stelelor. Deoarece există stele care, din punct de vedere al intensităţii luminii, *depăşesc* magnitudinea zero, se vede că strălucirea lor trebuie exprimată în cifre ce stau de cealaltă parte a lui zero — cifre negative. Astfel se explică expresii relativ la luminozitatea stelelor, ca : „minus 1", „minus 2", „minus 1,6", „minus 0,9" etc.

În practica astronomică, „mărimea" stelelor este determinată cu ajutorul unor aparate speciale — fotometre : strălucirea unui astru se compară cu strălucirea unei stele, a cărei strălucire este cunoscută, sau cu o „stea artificială" din aparat.

Steaua cea mai strălucitoare de pe cer este Sirius — a cărei magnitudine stelară este „minus 1,6". Steaua Canopus (vizibilă doar în emisfera sudică) este de mărimea „minus 0,9". Steaua cea mai luminoasă de pe bolta cerească a emisferei nordice este Vega — de magnitudinea 0,1 ; Capella şi Arcturus sînt de 0,2, Rigel — 0,3, Procyon — 0,5, Altair — 0,9. (Să nu uităm că stelele de magnitudinea 0,5 sînt mai

strălucitoare ca cele de magnitudinea 0,9 etc). Dăm, în continuare, tabelul celor mai luminoase stele de pe cer, cu indicarea mărimii lor stelare (în paranteză se indică denumirea constelației) :

Sirius (α Cîinele Mare) .	– 1,6
Canopus (α Nava sau Carena)	– 0,9
α Centaurul	– 0,1
Vega (α Lira)	– 0,1
Capella (α Vizitiul)	– 0,2
Arcturus (α Bouarul). . .	– 0,2
Rigel (β Orion)	– 0,3
Procyon (α Cîinele Mic) .	– 0,5
Achernar (α Eridan). . .	– 0,6
β Centaurul	– 0.9
Betelgeuse (α Orion) . .	– 0,9
Altair (α Vulturul)	– 0,9
α Crucea Sudului	– 1,1
Aldebaran (α Taurul) . . .	– 1,1
Pollux (β Gemenii)	– 1,2
Spica (α Fecioara)	– 1,2
Antares (α Scorpionul) . .	– 1,2
Fomalhaut (α Peștele Austral)–	1,3
Deneb (α Lebădă)	– 1,3
Regulus (α Leul)	– 1,3

Analizînd acest tabel, vedem că stele de mărimea 1 nici nu există : începînd cu stelele de mărimea 0,9 în înșiruirea de mai sus, trecem la stele de mărimea 1,1 sau 1,2 etc., trecînd 1,0 (adică mărimea întîi). Prin urmare, steaua de mărimea întîi constituie doar un standard convențional de luminozitate, fără să poată fi identificat pe bolta cerească.

Să nu credem cumva că divizarea stelelor pe mărimi stelare este condiționată de proprietățile fizice ale stelelor înseși. Ea decurge numai din particularitatea văzului nostru și constituie o consecință a „legii psihofiziologice a lui Weber-Fehner", care se aplică la toate organele simțurilor noastre. În privința văzului, această lege spune următoarele : cînd intensitatea sursei de lumină se schimbă în progresie geometrică, senzația văzului variază în progresie aritmetică. (Este interesant faptul că aprecierea intensității sunetelor și a zgomotelor se face de către fizicieni, după același principiu ca și stabilirea gradului de luminozitate a stelelor).

Cunoscînd scara astronomică de luminozitate, vom trece la cîteva calcule instructive. Spre exemplu, să calculăm cîte stele de mărimea trei, luate la un loc, luminează cu aceeași intensitate, ca o stea de mărimea întîi. Știm că o stea de mărimea trei luminează de $2{,}5^2$ ori, sau de 6,3 ori mai slab ca o stea de mărimea unu ; deci, pentru o echivalare se cer 6,3 astfel de stele. Pentru a înlocui o stea de mărimea unu se cer 15,8 stele de mărimea patru și așa mai departe.

Prin intermediul unor astfel de calcule[1] au fost stabilite cifrele de mai jos :

Spre a înlocui o stea de mărimea unu se cere următorul număr de stele de alte mărimi :

mărimea 2	2,5	mărimea 7	250
„ 3	6,3	„ 10	4 000
„ 4	16	„ 11	10 000
„ 5	40	„ 16	1 000 000
„ 6	100		

Începînd cu magnitudinea şapte trecem în lumea stelelor inaccesibile ochiului liber. Stelele de magnitudinea 16 pot fi văzute numai cu ajutorul unui telescop puternic ; pentru ca să vedem cu ochiul liber aceste stele, capacitatea sensibilă a văzului normal ar trebui să crească de 10 000 ori ; atunci am putea să le vedem aşa cum ne apar acum steluţele de magnitudinea şase.

În tabelul de mai sus, fireşte că nu puteau fi incluse stelele de „mărime" precedentă magnitudinii unu. Să facem deci un calcul şi pentru unele dintre ele. O stea de magnitudinea 0,5 (Procyon) este mai luminoasă ca o stea de mărimea unu de $2{,}5^{0{,}5}$, adică de $^1/_2$ ori. O stea de mărimea 0,9 (Canopus) este mai luminoasă ca o stea de mărimea unu de $2{,}5^{1{,}9}$, adică de 5,8 ori, iar o stea de mărimea minus 1,6 (Sirius) — de $2{,}5^{2{,}6}$, adică de 11 ori.

Iată însă un calcul interesant : cîte stele de magnitudinea unu ar putea înlocui lumina provenită de la stelele întregii bolţi cereşti (văzute cu ochiul liber) ?

Să presupunem că pe o singură emisferă a cerului sînt 10 stele de magnitudinea unu. S-a constatat că numărul stelelor din categoria următoare aflate pe cer este de aproximativ trei ori mai mare ca cel din categoria precedentă. În acelaşi timp, strălucirea lor este de 2,5 ori mai mică. De aceea cifra pe care o căutăm este egală cu suma termenilor din următoarea progresie :

$$10 + \left(10 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2{,}5}\right) + \left(10 \cdot 3^2 \cdot \frac{1}{2{,}5^2}\right) + \ldots + \left(10 \cdot 3^5 \cdot \frac{1}{2{,}5^5}\right)$$

[1] Calculele sînt facilitate de faptul că logaritmul raportului de luminozitate este foarte simplu exprimat : este egal cu 0,4 (n. a.).

Avem

$$\frac{10\cdot\left(\frac{3}{2,5}\right)^6-10}{\frac{3}{2,5}-1}=95$$

Deci suma care reprezintă strălucirea tuturor stelelor vizibile cu ochiul liber de pe o emisferă a bolţii cereşti este egală cu aproximativ o sută de stele de magnitudinea unu (sau cu o stea de magnitudinea minus patru).

Dacă am repeta acest calcul, ţinînd seama, în afară de stelele văzute cu ochiul liber, şi de cele accesibile telescopului modern, am constata că lumina totală produsă de ele echivalează cu strălucirea a 1 100 de stele de magnitudinea unu (sau a unei stele de magnitudinea *minus* 6,6).

Ochiul şi telescopul

Să facem o comparaţie între aspectul stelelor văzute prin telescop şi acele văzute cu ochiul liber.

Presupunem că diametrul pupilei ochiului în timpul observaţiilor de noapte este de 7 mm. Un telescop al cărui obiectiv este de 5 cm permite pătrunderea razelor în mai mare măsură decît pupila de $\left(\frac{50}{7}\right)^2$ ori, adică aproximativ de 50 de ori, iar un telescop cu un diametru de 50 cm — de 5 000 de ori. Iată deci de cîte ori se măreşte luminozitatea stelelor văzute prin telescop ! (Cele spuse se referă numai la *stele*, şi nicidecum la planete, care au un disc vizibil. Făcînd calculul strălucirii imaginii planetei, trebuie de asemeni să ţinem seama de mărimea optică a telescopului.)

Cunoscînd acest lucru, puteţi calcula dimensiunea pe care trebuie să o aibă diametrul unui obiectiv de telescop cu ajutorul căruia să puteţi vedea stelele de diferite mărimi ; în acelaşi timp, trebuie să ştiţi care sînt stelele cele mai slabe ce se pot vedea într-un telescop cu un anumit diametru. Să presupunem, de pildă, că ştiţi că printr-un telescop cu un diametru de 64 cm se pot vedea stele pînă la mărimea 15 inclusiv. Ce diametru trebuie să aibă obiectivul unui telescop

pentru ca să putem vedea stelele din categoria următoare, — de mărimea 16? Formăm proporţia

$$\frac{x^2}{64^2} = 2,5$$

în care x reprezintă diametrul obiectivului căutat. Avem

$$x = 64\sqrt{2,5} \approx 100 \text{ cm}.$$

Ar fi nevoie de un telescop cu un obiectiv de un metru. În genere, pentru a vedea stele cu o magnitudine mai slabă, se cere mărirea diametrului obiectului său cu $\sqrt{2,5}$, adică de 1,6 ori.

Magnitudinea stelară a Soarelui şi a Lunei

Să continuăm excursia noastră algebrică spre aştri. În cadrul scării folosite la stabilirea luminozităţii stelelor îşi pot găsi loc, alături de stelele fixe, şi alţi aştri — planetele, Soarele şi Luna. Vom vorbi în special despre strălucirea planetelor. Cu această ocazie vom arăta mărimea stelară a Soarelui şi a Lunei. Mărimea stelară a Soarelui este exprimată prin cifra *minus* 26,8, iar a Lunei pline [1] — *minus* 12,6. În urma celor spuse pînă acum, socotim că cititorul este lămurit pentru ce ambele cifre sînt negative. S-ar putea însă să-l mire diferenţa nu prea mare între mărimea stelară a Soarelui şi cea a Lunei; prima „depăşeşte pe a doua numai de două ori".

Să nu uităm însă că mărimea stelară reprezintă, în realitate, doar o cifră logaritmică (baza fiind 2,5). Şi cum nu are sens ca în comparaţia unor cifre să împărţim reciproc logaritmii lor, tot astfel nu are nici un sens să împărţim o cifră cu cealaltă cînd comparăm două mărimi stelare. Rezultatul unei comparaţii juste ni-l demonstrează următorul calcul:

[1] În primul şi ultimul pătrar, mărimea stelară a Lunei este de *minus* 9 (n a.).

Dacă mărimea stelară a Soarelui este de „*minus* 26,8", înseamnă că Soarele este mai strălucitor ca o stea de magnitudinea unu

$$\text{de } 2{,}5^{27{,}8} \text{ ori.}$$

Luna este mai strălucitoare ca o stea de magnitudinea unu

$$\text{de } 2{,}5^{13{,}6} \text{ ori.}$$

Prin urmare, luminozitatea Soarelui depăşeşte luminozitatea Lunei pline cu

$$\frac{2{,}5^{27{,}8}}{2{,}5^{13{,}6}} \approx 2{,}5^{14{,}2} \text{ ori.}$$

Calculînd (cu ajutorul tabelelor de logaritm) obţinem cifra 447 000. Iată deci raportul real dintre luminozitatea Soarelui şi a Lunei. Pe cer senin, Soarele luminează Pămîntul de 447 000 ori mai puternic decît Luna plină în timpul unei nopţi senine.

Considerînd cantitatea de *căldură* emanată de Lună, care este proporţională cu cantitatea de lumină răspîndită de ea — lucru într-adevăr apropiat de realitate — trebuie să recunoaştem că şi căldura pe care o emană Luna este de 447 000 ori mai mică decît căldura provenită de la Soare. Este lucru ştiut că fiecare centimetru pătrat la marginea atmosferei Pămîntului primeşte de la Soare circa 2 calorii mici pe minut. Înseamnă că Luna trimite asupra fiecărui centimetru pătrat de pe Pămînt a 225 000 parte dintr-o calorie mică (adică poate încălzi 1 g de apă într-un minut cu a 225 000 parte dintr-un grad). De aici reiese cît de neîntemeiate sînt toate încercările de a atribui luminii Lunei posibilităţi cît de mici de a influenţa condiţiile meteorologice ale Pămîntului [1].

Convingerea destul de frecventă că norii adeseori se volatilizează sub înrîurirea razelor de Lună plină nu este decît o eroare grosolană, justificată prin aceea că dispariţia norilor (condiţionată de alte cauze) în timpul nopţii, este mai uşor observată în nopţile cu lună.

Să lăsăm acum Luna şi să calculăm cu cît este mai luminos Soarele decît cea mai strălucitoare stea de pe cer, Sirius.

---

[1] Problema dacă Luna poate influenţa timpul prin forţa ei de atracţie, o vom analiza la sfîrşitul cărţii (vezi „Luna şi timpul"). (n. a.).

După acelaşi raţionament, putem obţine raportul luminozităţii lor :

$$\frac{2{,}5^{27{,}8}}{2{,}5^{2{,}6}} = 2{,}5^{25{,}2} = 10\,000\,000\,000,$$

adică Soarele este mai luminos ca Sirius de 10 miliarde de ori.

Este foarte interesant şi următorul calcul : de cîte ori este mai puternică lumina Lunei pline ca totalitatea de lumină provenită de la toate stelele de pe cer, mai precis lumina tuturor stelelor vizibile cu ochiul liber de pe o emisferă a bolţii cereşti ? Am obţinut prin calcule că stelele, începînd cu cele de magnitudinea unu pînă la cele de magnitudinea şase inclusiv, luminează laolaltă cît o sută de stele de magnitudinea unu. Prin urmare, problema se reduce la un calcul care să precizeze de cîte ori depăşeşte lumina Lunei strălucirea a o sută de stele de magnitudinea unu.

Raportul este egal cu

$$\frac{2{,}5^{13{,}6}}{100} = 2\,700$$

Astfel, într-o noapte senină fără Lună primim de la stele a 2 700-a parte din cantitatea de lumină pe care ne-o da Luna plină şi de $2\,700 \times 447\,000$ ori, sau de 1 200 de milioane de ori mai puţină lumină decît cea primită de la Soare într-o zi senină.

Mai adăugăm că mărimea stelară a unei „luminări“ internaţionale la o distanţă de 1 m este de minus 14,2, deci o lumînare la distanţa indicată mai sus luminează de $2{,}5^{14{,}2-12{,}6}$ ori mai puternic decît Luna plină, ceea ce înseamnă că luminează de 4 ori mai mult.

Este interesant de remarcat că un proiector de aviaţie de două miliarde de lumînări s-ar vedea de pe Lună ca o stea de mărimea $4\,{}^{1}/_{2}$, adică ar putea fi văzut de acolo cu ochiul liber.

Adevărata strălucire a stelelor şi a Soarelui

Toate aprecierile cu privire la strălucire, enunţate de noi pînă acum, s-au referit numai la strălucirea vizibilă. Cifrele date reprezintă strălucirea astrelor de la distanţa la care ele

se află în realitate. Ştim însă că stelele nu se găsesc la aceeaşi distanţă faţă de noi ; de aceea strălucirea vizibilă a stelelor constituie pentru noi un criteriu atît în ceea ce priveşte luminozitatea lor, cît şi distanţa la care se află ele — mai bine zis nu reprezintă nici un fel de criteriu atîta timp cît nu defalcăm aceşti doi factori. În acelaşi timp este important de ştiut care ar fi strălucirea comparativă sau luminozitatea diferitelor stele, dacă acestea s-ar afla la aceeaşi distanţă faţă de noi.

Ridicînd problema în acest fel, astronomii mai introduc noţiunea de magnitudine „absolută" a stelelor. Magnitudinea absolută a unei stele este acea mărime pe care ar avea-o o stea dacă s-ar afla la o distanţă de 10 „parseci". *Parsecul* este o unitate de lungime special folosită în exprimarea distanţelor între stele ; vom vorbi mai tîrziu despre provenienţa ei ; pentru moment, însă, arătăm că un parsec constituie circa 30 800 000 000 000 km. Calculul însuşi al mărimii absolute nu este greu de făcut dacă cunoaştem distanţa stelei şi ţinem cont de faptul că strălucirea trebuie să scadă proporţional cu pătratul distanţei [1].

Vom aduce la cunoştinţa cititorului numai două din aceste calcule : pentru Sirius şi pentru Soarele nostru. Mărimea *absolută* a lui Sirius este de +1,3, a Soarelui de 4,8. Asta denotă că, de la o distanţă de 308 000 000 000 000 km, Sirius ar străluci pentru noi ca o stea de mărimea 1,3, iar Soarele nostru, ca o stea de mărimea 4,8, adică mai slab ca Sirius de

$$\frac{2{,}5^{3{,}8}}{2{,}5^{0{,}3}} = 2{,}5^{3{,}5} = 25 \text{ ori}$$

[1] Calculul se poate efectua după următoarea formulă, a cărei provenienţă va fi clară pentru cititor cînd se va iniţia ulterior mai îndeaproape cu noţiunea de „parsec" şi „paralaxă"

$$2{,}5^{M} = 2{,}5^{m} \left(\frac{\pi}{0{,}1}\right)^2$$

în expresia de mai sus M reprezintă mărimea absolută a stelei, m – mărimea ei vizibilă, π – paralaxa stelei, exprimată în secunde. Transformările succesive sînt următoarele :

$$2{,}5^{M} = 2{,}5^{m} \cdot 100\,\pi^2,$$
$$M \lg 2{,}5 = m \lg 2{,}5 + 2 + 2 \lg \pi,$$
$$0{,}4\,M = 0{,}4\,m + 2 + 2 \lg \pi.$$

cu toate că luminozitatea aparentă a Soarelui este de 10 000 000 000 ori mai mare ca a lui Sirius.

Ne-am convins că Soarele nu constituie cîtuşi de puţin steaua cea mai luminoasă de pe cer. Totuşi nu este cazul să considerăm Soarele nostru de mărimea unui pigmeu în mijlocul stelelor ce-l înconjoară. Luminozitatea lui depăşeşte oricum luminozitatea medie. Potrivit datelor statisticii stelare, stele cu luminozitate medie aflate la o distanţă de 10 parseci de Soare sînt stelele de magnitudinea absolută nouă. Dat fiind, că magnitudinea absolută a Soarelui este de 4,8, luminozitatea lui este mai mare ca a unei stele medii din „vecinătate" de

$$\frac{2{,}5^{8}}{2{,}5^{3{,}8}} = 2{,}5^{4{,}2} = 50 \text{ ori}$$

Avînd o magnitudine absolută de 25 de ori mai slabă decît cea a lui Sirius, Soarele este totuşi de 50 de ori mai luminos ca stelele *medii* din vecinătatea lui.

Cea mai luminoasă stea dintre cele cunoscute

Luminozitatea cea mai mare o are o steluţă de magnitudinea opt, inaccesibilă ochiului liber, care face parte din constelaţia Peştelui de Aur şi marcată cu litera S. Constelaţia Peştelui de Aur se află în emisfera sudică a bolţii cereşti şi nu poate fi văzută din zona temperată a emisferei noastre. Steaua de care am vorbit face parte din sistemul stelar vecin cu noi, denumit Norul Mic al lui Magellan la o distanţă de aproximativ 12 000 ori mai mare ca distanţa ce ne separă de Sirius. La o distanţă atît de uriaşă o stea trebuie să aibă o luminozitate excepţională pentru a putea fi zărită, chiar de mărimea a opta. Sirius, aruncat la o distanţă tot atît de mare, ar lumina ca o stea de mărimea 17, adică abia s-ar zări în cel mai puternic telescop.

---

de unde

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi.$$

Pentru Sirius, de exemplu, $m = -1{,}6$; $\pi = 0{,}38$. De aceea, mărimea absolută a lui este :

$$M = -1{,}6 + 5 + 5 \lg 0{,}38 = 1{,}3. \quad \text{(n. a.)}$$

Care este însă luminozitatea acestei stele ? Calculul ne dă următorul rezultat : steaua este de mărimea *minus* nouă. Ceea ce înseamnă că ea are o magnitudine absolută de 400 000 de ori mai mare (cu aproximaţie) ca a Soarelui nostru ! Cu această mărime excepţională, această stea, aflîndu-se la distanţa lui Sirius, ar părea de nouă ori mai strălucitoare ca el, mai exact ar avea aproximativ luminozitatea Lunei în faza de pătrar ! Steaua, care de la distanţa lui Sirius ar inunda Pămîntul cu atîta lumină, are incontestabil dreptul de a se numi cea mai luminoasă dintre stelele cunoscute de noi.

Magnitudinea stelară a planetelor pe bolta cerească a Pămîntului şi pe bolta altor corpuri cereşti

Să ne întoarcem acum la călătoria imaginară pe alte planete (efectuată de noi în cadrul paragrafului „Alte bolţi cereşti"), şi să apreciem cu mai multă exactitate strălucirea aştrilor cereşti de acolo. În primul rînd vom arăta magnitudinea stelară a planetelor la maximum de luminozitate a lor pe bolta cerească a Pămîntului. Iată tabelul :

Pe cerul Pămîntului

Venus	– 4,3	Saturn	–0,4
Marte	– 2,8	Uranus	+5,7
Jupiter	– 2,5	Neptun	+7,6
Mercur	– 1,2		

Analizînd acest tabel, vedem că Venus are o strălucire mai mare ca a lui Jupiter cu aproape două mărimi siderale, adică de $2{,}5^2 = 6{,}25$ ori, iar în comparaţie cu Sirius de $2{,}5^{\cdot 2{,}7} = 13$ ori (strălucirea lui Sirius este de magnitudinea —1,6). Din acelaşi tabel se constată că întunecata planetă Saturn este totuşi mai luminoasă ca toate celelalte stele fixe, în afară de Sirius şi Canopus. În asta constă explicaţia că planetele (Venus, Jupiter) se pot uneori vedea şi ziua cu ochiul liber,

în timp ce stelele sînt absolut inaccesibile ochiului liber la lumina zilei.

În continuare arătăm ordinea în care se succed aştrii, în ceea ce priveşte strălucirea lor, pe cerul lui Venus, Marte şi Jupiter, fără alte explicaţii, deoarece felul în care sînt înşiruite reprezintă expresia cantitativă a celor ce s-au spus deja în subtitlul „Alte bolţi cereşti" :

Pe cerul lui Marte :

Soarele	– 26
Phobos	– 8
Deimos	– 3,7
Venus	– 3,2
Jupiter	– 2,8
Pămîntul	– 2,6
Mercur	– 0,8
Saturn	– 0,6

Pe cerul lui Venus :

Soarele	– 27,5
Pămîntul	– 6,6
Mercur	– 2,7
Jupiter	– 2,4
Luna	– 2,4
Saturn	– 0,3

Pe cerul lui Jupiter :

Soarele	– 23
Primul Satelit	– 7,7
al II-lea „	– 6,4
al III-lea „	– 5,6
al IV-lea Satelit	– 3,3
al V-lea „	– 2,8
Saturn	– 2
Venus	– 0,3

Apreciind luminozitatea planetelor pe cerul propriilor lor sateliţi, trebuie să acordăm primul loc lui Marte în faza lui „plină" pe cerul lui Phobos (—22,5), apoi vine rîndul lui Jupiter în aceeaşi fază pe cerul celui de al V-lea satelit al său (—21) şi al lui Saturn pe cerul satelitului său Mimas (—20) ; aici Saturn are o luminozitate numai de cinci ori mai mică ca a Soarelui !

În sfîrşit, acelaşi caracter instructiv îl are şi tabelul ce urmează cu strălucirea planetelor văzute una de pe cerul celeilalte. Le-am aşezat în ordinea descrescîndă a luminozităţii :

Mărime stelară		Mărime stelară	
Venus de pe Mercur	– 7,7	Mercur de pe Venus	– 2,7
Pămîntul de pe Venus	– 6,6	Pămîntul de pe Marte	– 2,6
Pămîntul de pe Mercur	– 5	Jupiter de pe Pămînt	– 2,5
Venus de pe Pămînt	– 4,3	Jupiter de pe Venus	– 2,4
Venus de pe Marte	– 3,2	Jupiter de pe Mercur	– 2,2
Jupiter de pe Marte	– 2,8	Saturn de pe Jupiter	– 2
Marte de pe Pămînt	– 2,8		

Din tabel reiese că, pe bolta cerească a principalelor planete, cei mai luminoşi aştri sînt Venus privită de pe Mercur, Pămîntul văzut de pe Venus şi Pămîntul privit de pe Mercur.

De ce telescopul nu măreşte stelele?

Cei care privesc pentru întîia oară printr-un telescop stelele fixe sînt foarte surprinşi că acesta, mărind considerabil Luna şi celelalte planete, nu măreşte de loc dimensiunea stelelor, ba dimpotrivă le micşorează chiar, transformîndu-le într-un punct luminos, care nu are formă de disc. Acest lucru l-a observat încă Galilei, primul om care a privit cerul cu o lunetă. Descriind cercetările sale timpurii cu ajutorul lunetei construite de el însuşi, acesta ne spune:

„De remarcat este diferenţa dintre aspectul planetelor şi al stelelor fixe văzute prin lunetă. Planetele apar ca nişte discuri mici, bine conturate. Stelele fixe nu au contururi precise... Luneta intensifică doar strălucirea lor în aşa fel, încît stelele de mărimea 5 sau mărimea 6 devin egale în strălucire cu Sirius, care este cea mai luminoasă dintre toate stelele fixe."

Pentru a explica această neputinţă a telescopului în ceea ce priveşte stelele va trebui să ne reamintim cîte ceva din fiziologia şi fizica vederii. Cînd ne uităm după un om care se îndepărtează, imaginea lui pe retină devine tot mai mică. Cînd figura s-a îndepărtat suficient, capul şi picioarele omului se apropie într-atîta pe retină, încît nu mai nimeresc în elementele ei separate (terminaţiile nervoase), ci în unul şi acelaşi, în care timp figura omului ni se pare ca un punct lipsit de contururi. La majoritatea oamenilor, acest lucru se

petrece în clipa cînd unghiul sub care este privit obiectul se micşorează pînă la 1′. Telescopul are menirea de a mări unghiul sub care ochiul priveşte un obiect sau, ceea ce reprezintă acelaşi lucru, să prelungească imaginea fiecărui detaliu al obiectului respectiv asupra cîtorva elemente adiacente ale retinei. Se spune despre un telescop că „măreşte de 100 de ori“, dacă unghiul sub care privim obiectele prin acest telescop este de 100 de ori mai mare ca unghiul sub care le privim de la aceeaşi distanţă cu ochiul liber. Dacă un amănunt oarecare privit printr-un astfel de telescop este văzut sub un unghi mai mic decît 1′, telescopul respectiv este prea slab pentru redarea clară a acestui amănunt.

Nu este greu de calculat că cel mai mic detaliu, posibil de remarcat la distanţa Lunei printr-un telescop care măreşte de 1 000 de ori, are un diametru de 110 m, iar la distanţa Soarelui — un diametru de 40 km. Dacă facem acelaşi calcul pentru cea mai apropiată stea, obţinem uriaşa cifră de 12 000 000 km.

Diametrul Soarelui nostru este mai mic decît această cifră de $8\frac{1}{2}$ ori. Deci, dacă mutăm Soarele nostru la distanţa celei *mai apropiate* stele, el ne va apărea ca un punct chiar într-un telescop cu o putere de mărime de 1 000 de ori. Cea mai apropiată stea trebuie să aibă un volum de 600 ori mai mare decît cel al Soarelui ca să poată fi văzută sub formă de disc printr-un telescop puternic. La depărtarea lui Sirius, o stea trebuie să fie de 5 000 de ori mai mare în volum decît Soarele. Deoarece majoritatea stelelor sînt situate mult mai departe ca cele amintite mai sus şi pentru că dimensiunile lor nu depăşesc, în medie, în aceeaşi măsură dimensiunile Soarelui, chiar într-un telescop puternic stelele se văd ca nişte puncte.

„Nici o stea de pe cer — ne spune Jeans — nu are o dimensiune unghiulară mai mare ca gămălia unui ac la o distanţă de 10 km şi nu există încă un asemenea telescop cu ajutorul căruia să poţi vedea sub formă de disc un obiect de dimensiuni atît de mici“. Dimpotrivă, corpurile cereşti de mari dimensiuni, care fac parte din sistemul nostru solar, apar cu atît mai mari în telescop, cu cît mărimea este mai mare. Dar, aşa cum am mai avut prilejul să amintim, în acest caz astronomul întîmpină un alt inconvenient : o dată cu mărirea imaginii intervine dimi-

nuarea strălucirii ei (ca urmare a răspîndirii fascicolului de raze pe o suprafață mai mare), iar luminozitatea slabă împiedică vizibilitatea clară a detaliilor. De aceea, la cercetarea planetelor și îndeosebi a cometelor se folosesc telescoape cu mărire medie.

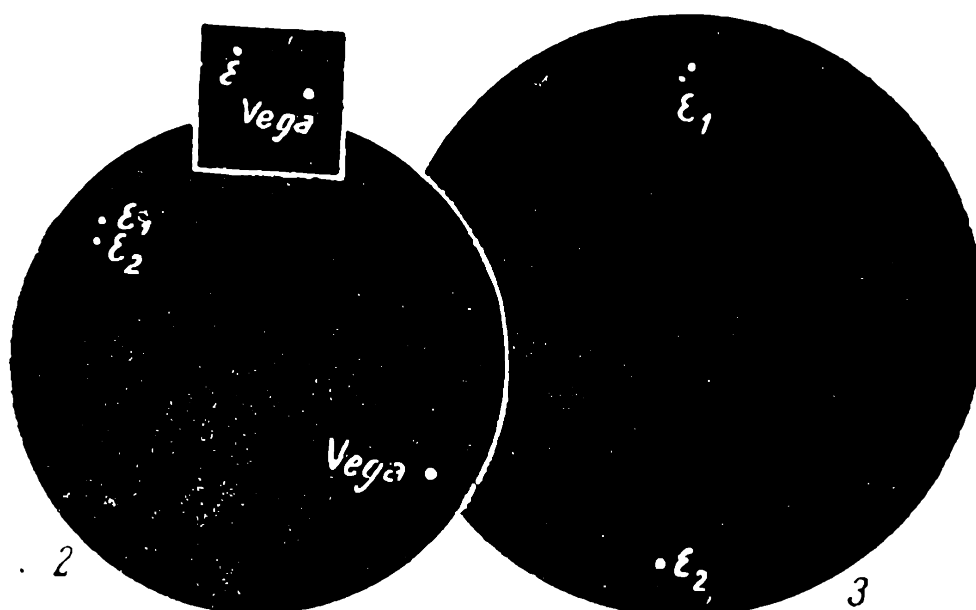


Fig. 73. Una și aceeași stea ε Lyra (în apropiere de Vega) așa cum o vedem cu ochiul liber *(1)*, cu binoclul *(2)* și cu telescopul *(3)*.

Cititorul ar putea, eventual, să se întrebe : de ce se folosește totuși telescopul la observarea stelelor, dacă el nu le mărește ?

După cele spuse în paragrafele precedente, socotim că nu este nevoie să ne oprim prea mult la acest răspuns. Telescopul nu poate mări *dimensiunile* vizibile ale stelelor, el intensifică totuși *luminozitatea* lor, mărind prin urmare numărul de stele accesibile ochiului.

A doua calitate a telescopului este aceea că el *separă* stelele care, privite cu ochiul liber, par a fi o singură stea. Telescopul nu poate mări diametrul vizibil al stelelor, el poate însă mări distanța vizibilă dintre ele. De aceea, telescopul ne descoperă stele duble, triple sau multiple, acolo unde ochiul liber vede doar o singură stea (fig. 73). Îngrămădiri de stele, care din cauza distanței apar, pentru ochiul liber, ca o pată mică cețoasă, uneori fiind complet invizi-

bile, se separă în obiectul telescopului în mii şi mii de stele distincte.

În sfîrşit, al treilea avantaj al telescopului folosit în studiul stelelor constă în aceea că el ne oferă posibilitatea de a *măsura unghiurile* cu o precizie uimitoare. Pe fotografiile obţinute de telescoape moderne, astronomii măsoară unghiuri de 0",01. Sub un astfel de unghi poate fi văzut un bănuţ din bronz la o distanţă de 300 km sau un fir din părul omului la o distanţă de 100 m!

Cum a fost măsurat diametrul stelelor?

După cum am spus mai sus, diametrul stelelor fixe nu poate fi văzut nici prin cel mai puternic telescop. Pînă nu de mult, părerile cu privire la dimensiunile stelelor erau doar presupuneri. Era admisă ideea că fiecare stea în medie şi cu aproximaţie este de mărimea Soarelui nostru, dar această ipoteză nu putea fi sprijinită cu nici un argument. Şi pentru că determinarea diametrelor stelelor necesita telescoape mai puternice decît cele existente, această problemă părea de nerezolvat.

Aşa au stat lucrurile pînă în anul 1920, cînd metode şi aparate de cercetare noi au deschis astronomilor calea în vederea măsurii dimensiunilor reale ale stelelor.

Această realizare modernă astronomia o datorează credincioasei sale aliate — fizica — care de multe ori i-a făcut preţioase servicii.

Vom expune, în cele ce urmează, esenţa metodei bazată pe fenomenul interferenţei luminii.

Spre a lămuri principiul pe care se bazează această metodă de măsurare, vom face o experienţă care nu ne cere aparate prea complicate: un telescop care măreşte de 30 de ori şi care să fie aşezat la o distanţă de 10—12 m de un puternic izvor de lumină, în faţa căruia să fie fixat un ecran cu o fantă verticală foarte îngustă (de cîteva zecimi de milimetru). Obiectivul îl vom acoperi cu un capac care are două orificii de circa 3 mm în diametru situate de-a lungul orizontalei, simetric în ceea ce priveşte centrul obiectivului, la o distanţă de 15 mm unul de celălalt (fig. 74).

Fără acest capac fanta se vede prin telescop ca o dungă îngustă, avînd două dunguliţe laterale mult mai palide. Privită cu capac, dunga luminoasă centrală pare a fi întretăiată din loc în loc de nişte dungi verticale întunecoase. Aceste dungi sînt consecinţa interferenţei celor două fascicole de lumină care trec prin orificiile capacului de pe obiectiv. Dacă astupăm un orificiu — dungile dispar.

Dacă orificiile respective ar fi mobile, în aşa fel ca să putem schimba distanţa dintre ele pe măsură ce le-am îndepărta unul de celălalt, dungile întunecoase vor deveni din ce în ce mai neclare, iar, în cele din urmă, vor dispărea. Cunoscînd distanţa dintre orificii în această clipă, putem determina lăţimea unghiulară a fantei, adică unghiul în care aceasta este văzută prin obiectiv. Cunoscînd distanţa pînă la fantă, putem calcula lăţimea reală a ei. Dacă în loc de fantă am avea un orificiu rotund şi mic, modul de stabilire a lăţimii acestei „fante rotunde" (adică a diametrului de cerc) rămîne acelaşi, cu singura deosebire că unghiul obţinut trebuie înmulţit cu 1,22.

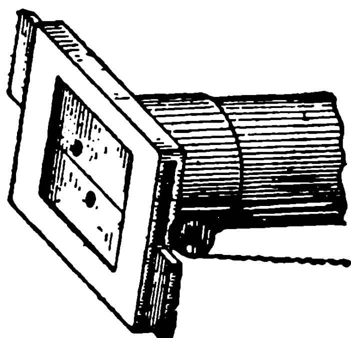


Fig. 74. Schema instalaţiei care explică sistemul de construcţie al „interferometrului" cu care se măsoară diametrul unghiular al stelelor. (Explicaţii în text.)

Tot aşa se procedează şi la măsurarea diametrului stelelor. Ţinînd cont, însă, de mărimea unghiulară extrem de mică a diametrului stelelor, nu putem folosi decît telescoape foarte mari.

Pe lîngă instrumentul descris mai sus — „interferometrul" — mai există şi o altă metodă de apreciere a diametrului real al stelelor, pe căi ocolite, bazată pe studiul spectrelor lor.

După spectrul stelei, astronomul află temperatura ei, cu ajutorul căreia calculează radiaţia unui centimetru pătrat din suprafaţa acesteia. Dacă, pe lîngă asta, se cunoaşte distanţa pînă la stea şi strălucirea vizibilă a ei, se poate determina radiaţia totală a *întregii* suprafeţe. Din raportul între cele două mărimi rezultă dimensiunea suprafeţei stelei, prin urmare şi diametrul ei. Astfel s-a stabilit că diametrul Capellei este de 16 ori mai mare ca cel al Soarelui, al lui

Betelgeus de 350 de ori, al lui Sirius — de două ori, al lui Vega de $2^1/_2$ ori, iar diametrul satelitului lui Sirius este 0,02 din cel al Soarelui.

Giganţi ai Universului sideral

Rezultatele determinării diametrelor stelelor s-au dovedit a fi de-a dreptul uimitoare. Pînă atunci astronomii nu bănuiau că pot exista în Univers stele atît de gigantice. Prima stea, ale cărei dimensiuni reale erau determinate (în anul 1920) a fost strălucitoarea stea din constelaţia Orion, purtătoarea numelui arab Betelgeus. S-a constatat că diametrul ei depăşeşte diametrul orbitei lui Marte ! Alt gigant este Antares, steaua cea mai strălucitoare din constelaţia Scorpionul ; diametrul ei este de circa $1^1/_2$ ori mai mare ca diametrul orbitei Pămîntului (fig. 75). Din categoria giganţilor din lumea stelelor face parte şi aşa-zisa stea Minune („Mira") din constelaţia Balenei, al cărei diametru este de 400 de ori mai mare ca cel al Soarelui nostru.

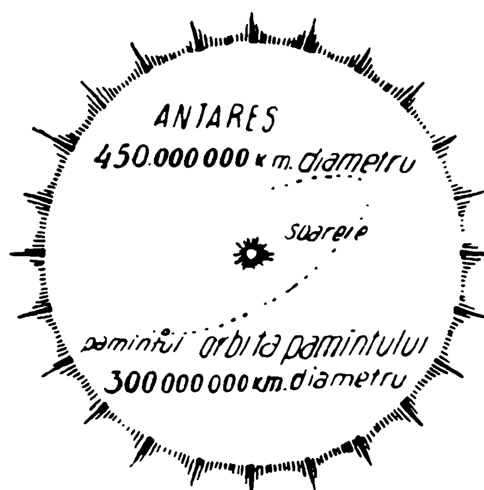


Fig. 75. Steaua-gigant Antares (α Scorpionul) ar putea cuprinde în ea Soarele nostru împreună cu orbita Pămîntului.

Să ne oprim acum asupra componenţei fizice a acestor uriaşi. Calculele ne demonstrează că, în ciuda dimensiunilor

lor fantastice, aceste stele conţin uimitor de puţină materie. Ele sînt mai grele ca Soarele nostru doar de cîteva ori ; şi pentru că Betelgeus, spre exemplu, depăşeşte ca volum Soarele de 40 000 000 ori, densitatea acestei stele trebuie să fie extrem de mică. Dacă materia din care se compune Soarele, din punct de vedere al densităţii, se apropie de apă, materia componentă a stelelor-giganţi în această privinţă se aseamănă cu aerul rarefiat. Potrivit cu expresia unui astronom, aceste stele „seamănă cu un aerostat uriaş cu densitate mică, mult mai mică decît densitatea aerului".

Un calcul surprinzător

Este interesant să analizăm, în legătură cu cele spuse mai sus, cît loc ar ocupa pe cer stelele, dacă imaginile lor vizibile ar sta lipite una de alta.

Ştim că strălucirea tuturor stelelor accesibile telescopului, luată laolaltă, este egală cu strălucirea unei stele de mărimea *minus* 6,6 (vezi mai sus). Lumina unei astfel de stele este cu 20 de magnitudini mai slabă ca lumina Soarelui nostru, ceea ce înseamnă că luminează de 100 000 000 de ori mai puţin. Dacă, din punct de vedere al temperaturii sale, am considera Soarele o stea mijlocie, putem presupune că suprafaţa vizibilă a stelei noastre imaginare este tot de atîtea ori mai mică ca suprafaţa vizibilă a Soarelui. Cum însă diametrele cercurilor sînt proporţionale cu rădăcina pătrată a suprafeţei lor, diametrul vizibil al stelei noastre ar trebui să fie de 10 000 de ori mai mic decît diametrul vizibil al Soarelui, adică să fie egal cu

$$30' : 10\,000 \approx 0'',2.$$

Rezultatul este surprinzător : suprafaţa totală vizibilă a tuturor stelelor ocupă pe cer un loc egal cu acela pe care l-ar ocupa un cerc al cărui diametru unghiular este de 0",2. Bolta cerească include 41 253 grade pătrate ; prin urmare este uşor de calculat că stelele ce pot fi văzute prin telescop deţin abia a douăzecea miliarda parte din întreaga suprafaţă a bolţii cereşti !

Materia cea mai grea

Printre exemplarele rare cufundate în adîncimile Universului va deține întotdeauna un loc de frunte o steluță, din apropierea lui Sirius. Această stea se compune dintr-o materie de 60 000 de ori mai grea ca apa ! Cînd luăm în mînă un pahar cu mercur ne surprinde greutatea lui ; el cîntărește circa 3 kg. Ce am spune însă despre un pahar umplut cu o materie care cîntărește 12 tone, iar pentru transportul ei necesită o platformă de cale ferată ? Pare absurd ; și totuși, aceasta este una dintre cele mai recente descoperiri ale astronomilor.

Descoperirea despre care vorbim are o poveste lungă și extrem de instructivă. De multă vreme s-a observat că strălucitorul Sirius nu se mișcă printre stele în linie dreaptă, ca majoritatea aștrilor cerești, ci pe un drum curios ondulat (fig. 76). Spre a justifica această particularitate, cunoscutul astronom Bessel a presupus că Sirius este însoțit de un satelit care „perturbă“ prin atracția sa mișcarea lui Sirius. Aceasta se petrecea în anul 1844 — cu doi ani înainte de descoperirea pe „vîrful unei penițe“ a planetei Neptun. În anul 1862, după moartea lui Bessel, presupunerea sa a fost pe deplin confirmată, dat fiind că bănuitul satelit al lui Sirius a fost văzut în telescop.

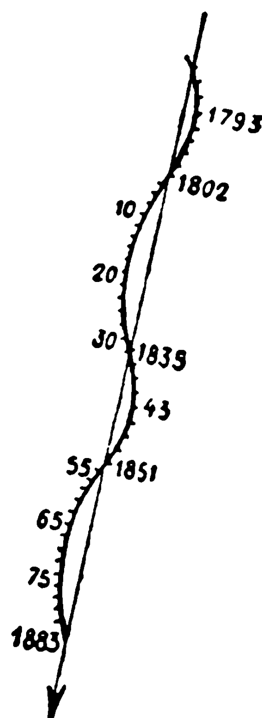


Fig. 76. Drumul lui Sirius printre stele din 1793 pînă în 1883.

Satelitul lui Sirius — așa-numitul „Sirius B“ — se rotește în jurul stelei lui centrale în timp de 49 de ani, la o distanță de 20 de ori mai mare decît cea pe care se mișcă Pămîntul în jurul Soarelui (adică, aproximativ, pe o distanță egală cu orbita lui Uranus) (fig. 77). Această steluță este de mărimea opt sau nouă, în schimb masa ei este respectabilă, constituind 0,8 din masa Soarelui nostru. De la distanța lui Sirius, Soarele nostru ar trebui să lumineze ca o stea de mărimea 1,8 ; de aceea, dacă satelitul lui Sirius ar avea suprafața micșorată în raport cu cea a Soarelui în proporție

cu raportul maselor acestor aştri, ar trebui să lumineze cu aproximaţie, la aceeaşi temperatură, ca o stea de mărimea a doua şi nicidecum ca o stea de mărimea opt sau nouă. Luminozitatea slabă a acestei stele a fost atribuită iniţial, de către astronomi, temperaturii joase de pe suprafaţa ei ; ea era considerată ca un astru în răcire care capătă o scoarţă.

Această ipoteză s-a dovedit a fi neîntemeiată. Cu circa 30 de ani în urmă s-a stabilit că modestul satelit al lui Sirius nu este cîtuşi de puţin o stea în răcire, ci, dimpotrivă, face parte dintre stelele cu o înaltă temperatură la suprafaţă, mult mai înaltă decît cea a Soarelui nostru. Această constatare schimbă faţa lucrurilor. Deci, luminozitatea redusă trebuie atribuită numai suprafeţei mici a acestei stele. S-a calculat că ea radiază de 360 ori mai puţină lumină ca Soarele ; prin urmare suprafaţa ei trebuie să fie de cel puţin 360 de ori mai mică decît suprafaţa Soarelui, iar raza de $\sqrt{360}$, adică de 19 ori mai mică decît raza Soarelui. De aici deducem că volumul satelitului lui Sirius trebuie să fie mai mic decît a 6 800-a parte din volumul Soarelui, în timp ce masa lui constituie aproape 0,8 din masa astrului nostru ceresc. Numai aceste cifre demonstrează enorma densitate a materiei din care este alcătuită steaua respectivă. Un calcul mai precis arată că diametrul satelitului este de numai 40 000 km ; prin urmare densitatea reprezintă cifra fantastică pe care am citat-o la începutul capitolului : de 60 000 de ori mai mare decît densitatea apei (fig. 78).

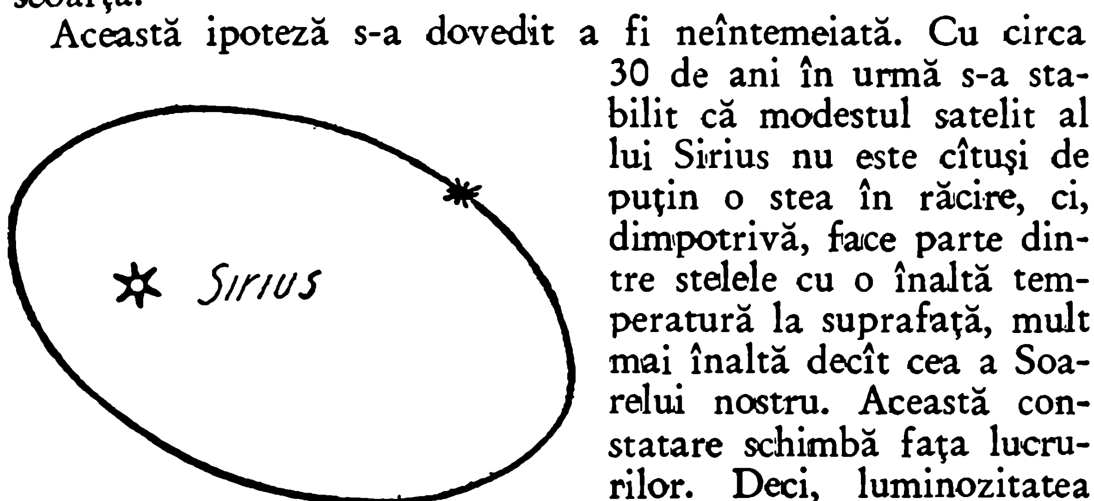


Fig. 77. Orbita satelitului lui Sirius în raport cu acesta. (Sirius nu se află în focarul elipsei vizibile, deoarece elipsa reală este deformată prin proiecţie ; noi o vedem într-un unghi oarecare.)

„Fizicieni, ciuliţi urechile ; se pune la cale o incursiune în domeniul vostru“ — sînt cuvintele lui Kepler, spuse de el în legătură cu altceva, dar care ne vin totuşi în minte

acum. Într-adevăr, nici un fizician nu şi-ar fi putut imagina, pînă în prezent, ceva asemănător. În condiţii normale este absolut de neconceput un grad de densitate atît de mare, deoarece intervalele dintre atomii obişnuiţi ai unui corp tare sînt prea mici, pentru a putea admite o cît de neînsemnată

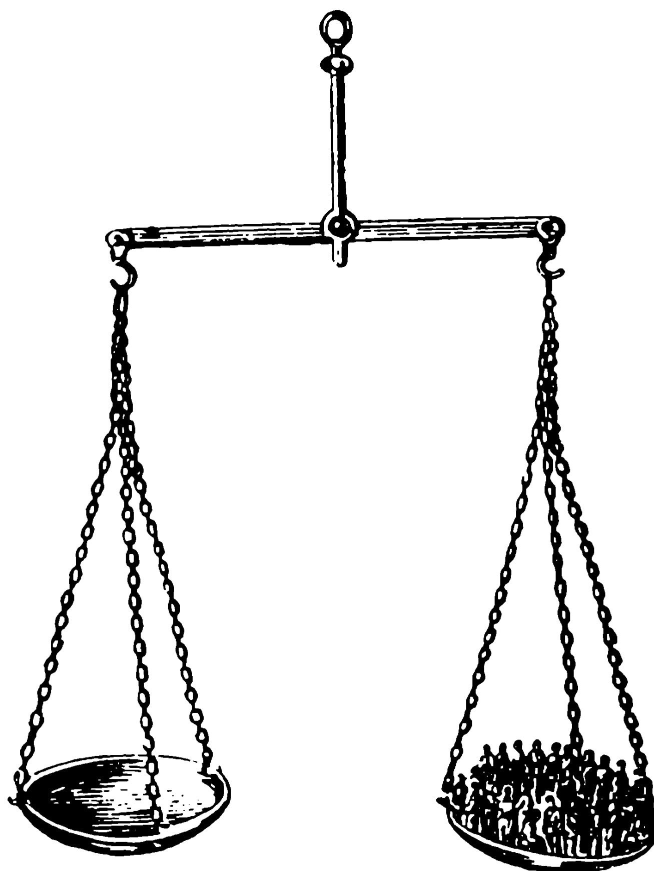


Fig. 78. Satelitul lui Sirius este compus dintr-o substanţă de 60.000 de ori mai grea ca apa. Cîţiva cm^3 din această substanţă ar putea echivala cu greutatea a 30 de oameni.

comprimare a materiei lor. Altfel stau lucrurile cînd este vorba despre atomi „mutilaţi", care şi-au pierdut electronii ce se roteau în jurul nucleelor lor. Pierderea electronilor micşorează diametrul atomului de cîteva mii de ori, fără a reduce aproape de loc masa lui ; un nucleu este mai mic decît un atom normal aproximativ în aceeaşi măsură ca şi o muscă în raport cu o clădire mare. Puse în mişcare de o presiune fantastică, provenită din interiorul stelei, aceşti

atomi-nuclee de proporţii reduse se pot comasa de mii de ori mai mult ca atomii obişnuiţi şi să formeze acea densitate nemaiauzită, descoperită la satelitul lui Sirius. Ceva mai mult, densitatea mai susamintită a fost chiar depăşită de steaua care poartă numele de steaua lui Van Maanen. Această stea de mărimea 12, care prin dimensiunile ei nu depăşeşte globul pămîntesc, se compune dintr-o materie de 400 000 ori mai densă ca apa !

Limita densităţii nu se opreşte aici. Din punct de vedere teoretic se poate admite existenţa unei materii cu o densitate mult mai mare. Diametrul nucleului atomic reprezintă maximum a 10 000-a parte din diametrul atomului şi prin urmare volumul său nu poate depăşi $\frac{1}{12}$ din volumul atomului. Un metru cub de metal conţine în total doar $\frac{1}{1\,000}$ mm^3 de nuclee atomice şi în acest volum infim este concentrată întreaga masă a satelitului. În concluzie, 1 cm^3 de nuclee atomice trebuie să cîntărească aproximativ 10 milioane de tone (fig. 79).

Avînd în vedere cele de mai sus nu va mai apare neverosimilă descoperirea unei stele a cărei materie să aibă densitatea medie de 500 de ori mai mare ca densitatea stelei Sirius B, despre care am vorbit mai sus. Ne referim la o stea, nu prea mare, din constelaţia Cassiopeei, descoperită în anul 1935. Avînd un volum ce nu depăşeşte volumul planetei Marte, fiind de opt ori mai mică decît globul pămîntesc, această stea are o masă de aproape trei ori mai mare ca masa Soarelui (mai exact de 2,8 ori mai mare). În unităţi obişnuite, densitatea medie a materiei din care se compune această stea se exprimă prin cifra 36 000 000 g/cm^3. Asta înseamnă că 1 cm^3 din această materie ar cîntări pe Pămînt 36 tone ! Prin urmare materia respectivă este mai densă ca aurul de două milioane de ori [1]. Despre cît cîntăreşte un centimetru cub dintr-o astfel de materie, cîntărit chiar pe suprafaţa stelei însăşi, vom mai vorbi în capitolul V.

---

[1] În centrul acestei stele densitatea materiei trebuie să atingă o cifră uriaşă : aproximativ un miliard de grame pe un centimetru cub (n. a.).

Cu cîţiva ani în urmă, desigur, savanţii nu concepeau existenţa unei materii a cărei densitate să fie de milioane de ori mai mare ca a platinei.

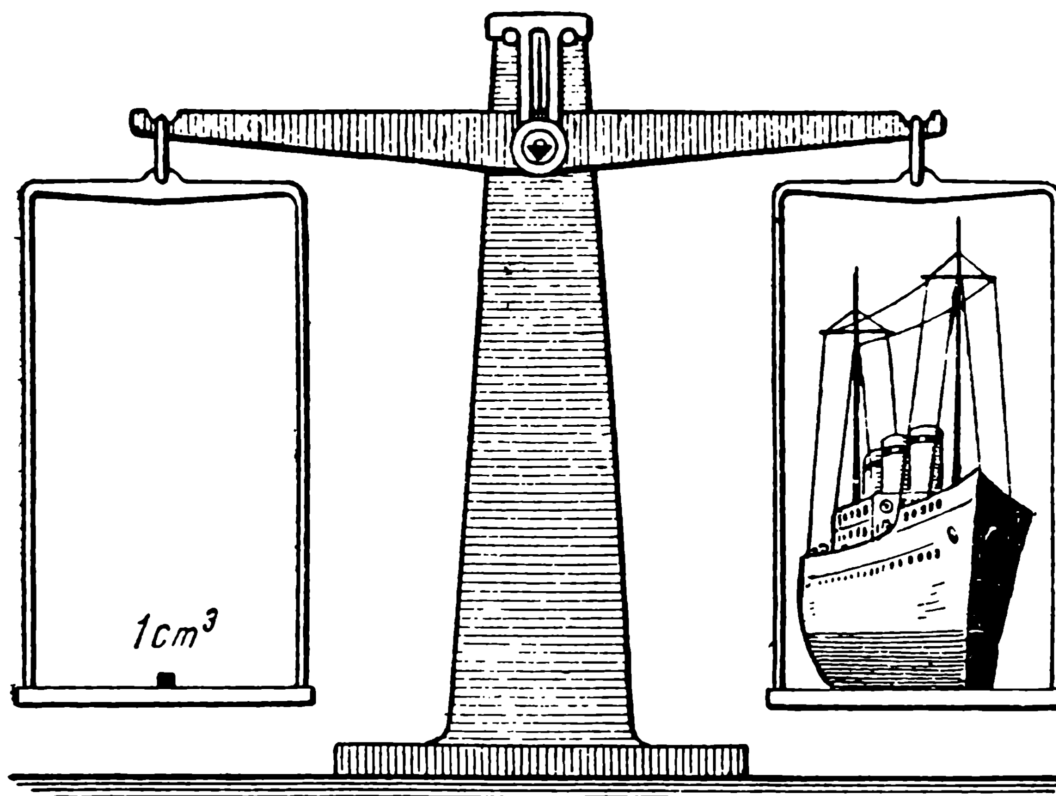


Fig. 79. Un cm³ de nuclee atomice ar putea echivala cu greutatea unui transoceanic. Dacă într-un cm³ nucleele atomice ar fi bine comprimate, ele ar cîntări 10 milioane tone !

Adîncimile fără sfîrşit ale Universului tăinuiesc cu siguranţă încă multe rarităţi de acest fel ale naturii.

De ce se spune despre stele că sînt fixe ?

În antichitate, cînd s-a atribuit stelelor acest epitet, s-a urmărit să se sublinieze că, spre deosebire de planete, stelele îşi menţin pe bolta cerească o poziţie fixă. Bineînţeles că ele participă la mişcarea bolţii cereşti în jurul Pămîntului în cele 24 de ore, totuşi această mişcare aparentă nu schimbă cu nimic *reciprocitatea* poziţiei lor pe cer. Planetele, însă, îşi schimbă mereu locul în raport cu stelele, rătăcesc printre

ele, pentru care motiv au fost denumite, din cele mai străvechi timpuri, „stele rătăcitoare" (adevăratul sens al cuvîntului „planetă").

Ştim acum că ipoteza care presupune că Universul stelelor reprezintă o grupare de sori imobili este cu totul denaturată. Toate stelele [1], printre care şi Soarele nostru, se mişcă una

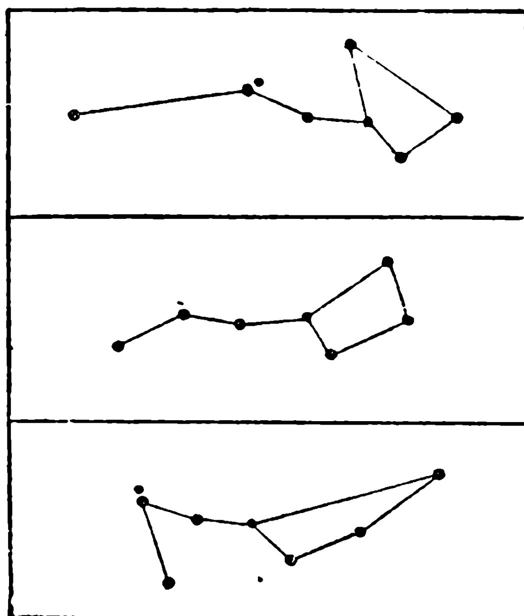


Fig. 80. Figurile constelaţiilor se schimbă în decursul vremii. Figura din mijloc reprezintă „Ursa mare", aşa cum arată în prezent. Cea de sus – „Ursa mare" acum 100 000 de ani, şi cea de jos, aşa cum va arăta peste 100 000 de ani.

faţă de cealaltă cu o viteză medie de 30 km/sec, adică cu aceeaşi viteză cu care planeta noastră goneşte de-a lungul orbitei sale. Deci, stelele nu sînt mai puţin mobile decît planetele. Dimpotrivă, în unele cazuri întîlnim în lumea stelelor viteze uriaşe, inexistente în sistemul planetar; sînt cunoscute stele — aşa-zise „rapide" — care se mişcă faţă de Soarele nostru cu uriaşa viteză de 250—300 km/sec.

Dar, dacă toate stelele văzute de noi se mişcă haotic cu o viteză fantastică, parcurgînd anual miliarde de kilometri,

[1] Ne referim la stelele care fac parte din grupul nostru de stele (Calea Laptelui) (n. a.).

de ce oare nu observăm noi acest iureş turbat? De ce pe bolta cerească, din cele mai străvechi timpuri, stelele reprezintă un tablou de cea mai perfectă mobilitate?

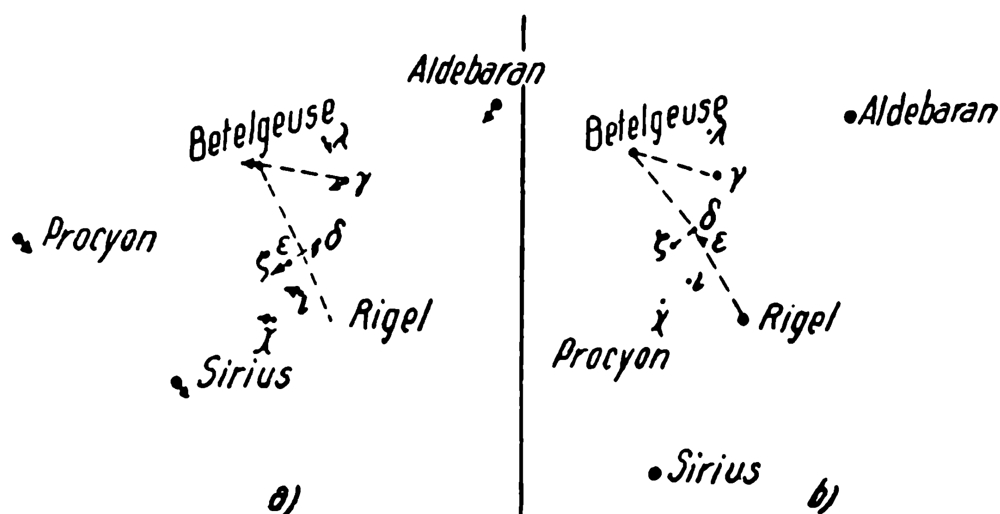


Fig. 81. Direcţia în care se mişcă stelele cu o mare strălucire din regiunea constelaţiei Orion (a) şi ce schimbări vor aduce în aspectul acestei constelaţii mişcările lor peste 50 000 de ani (b).

Cauza nu este greu de ghicit; ea constă în distanţa uriaşă care ne desparte de stele. Aţi avut ocazia să priviţi de pe o înălţime mersul unui tren în depărtare, aproape de orizont? Nu aţi avut impresia că un expres se tîrăşte ca o broască ţestoasă? O viteză ameţitoare pentru cel ce priveşte de aproape se transformă în pas de melc pentru cineva de la o mare distanţă. Acelaşi lucru se petrece cu mişcarea stelelor; numai că, în acest caz, distanţa relativă a observatorului faţă de corpul în mişcare este mult mai mare. Stelele cele mai strălucitoare se află, faţă de noi, la o distanţă *medie* mai mică decît alte stele — mai exact (după Kapteyn) la 800 milioane de milioane de kilometri, în timp ce deplasarea unei astfel de stele constituie, să zicem, un miliard (1 000 de milioane) kilometri, adică de 800 000 ori mai puţin. Această deplasare trebuie să fie văzută de pe Pămînt sub un

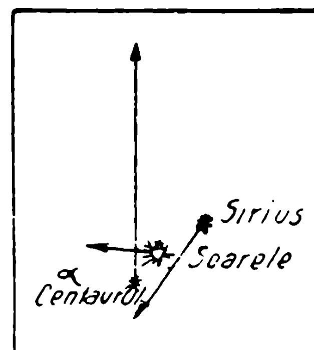


Fig. 82. Mişcarea a trei stele vecine: Soarele nostru, steaua α Centaurul şi Sirius.

unghi de 0",25 — valoare care abia poate fi observată de cele mai precise instrumente astronomice. Ochiul liber însă nu o poate observa de loc, chiar dacă ea durează sute de ani. Numai cu ajutorul unor instrumente astronomice de înaltă precizie s-a putut reuşi să se observe mişcarea unor stele (fig. 80, 81, 82).

Iată că „stelele fixe“, deşi se mişcă cu o viteză neînchipuit de mare, au totuşi dreptul să poarte denumirea de fixe,

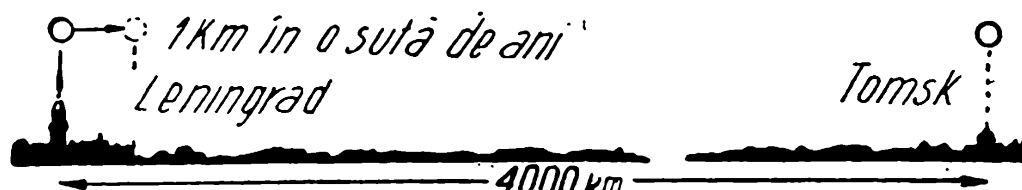


Fig. 83. Scara de proporţie pentru mişcările siderale. Două mingi de criket, una la Leningrad şi alta la Tomsk, se mişcă cu o viteză de 1 km în 100 de ani – iată o comparaţie, în mic, a apropierii reciproce dintre două stele. De aici rezultă cît de neverosimilă apare posibilitatea ciocnirii între stele.

dat fiind că este vorba de observaţiile făcute cu ochiul liber. Din cele spuse, cititorul poate trage singur concluzia cît de puţin probabilă este posibilitatea încrucişării drumurilor a două stele, cu toată viteza lor fenomenală.

Unităţi de măsură în distanţe cereşti

Unităţile de lungime mari, folosite de noi — kilometrul, mila marină (1 852 m) şi mila geografică (egală cu 4 mile marine) — satisfăcătoare pentru măsurarea lungimilor pe globul pămîntesc — devin insuficiente la măsurarea distanţelor cereşti. A măsura cu aceste unităţi de lungime distanţele cereşti este tot atît de incomod ca şi cum am măsura în milimetri traseul unei căi ferate. De pildă, distanţa dintre Jupiter şi Soare exprimată în kilometri atinge cifra de 780 de milioane, în timp ce lungimea căii ferate ce poartă numele Revoluţiei din Octombrie, exprimată în milimetri, este de 640 de milioane.

Pentru a nu se încurca cu multe zero-uri la sfîrşitul unei cifre, astronomii au adoptat unităţi de lungime mult mai

mari. Pentru a face, de exemplu, calcule de distanţă în cadrul sistemului planetar, consideră drept unitate de lungime distanţa medie dintre Pămînt şi Soare (149 500 000 km). Aceasta reprezintă aşa-numita „unitate astronomică". Distanţa dintre Jupiter şi Soare exprimată în aceste unităţi este 5,2, dintre Saturn şi Soare — 9,54, dintre Mercur şi Soare — 0,387 etc.

Pentru distanţa dintre Soarele nostru şi alţi aştri, unitatea de lungime mai sus-amintită este prea mică. Astfel distanţa pînă la cea mai apropiată stea (aşa-numita Proxima din constelaţia Centaurului [1], o stea de culoare roşiatică de mărimea 11) este exprimată în aceleaşi unităţi de măsură prin cifra :

260 000

Este vorba de steaua *cea mai apropiată ;* celelalte sînt situate la distanţe mult mai mari. Introducerea unor unităţi de lungime mult mai mari au simplificat considerabil memorarea acestor cifre şi calculul lor. În astronomie există următoarele unităţi gigantice de măsurare a distanţei : „an-lumină" şi uriaşul „parsec".

Anul lumină reprezintă distanţa pe care o parcurge în spaţiu lumina într-un interval de an. Ne putem da seama cît de uriaşă este această unitate de măsură dacă ne reamintim că de la Soare la Pămînt lumina ajunge numai în 8 minute. Prin urmare, un „an-lumină" este mai mare decît raza orbitei Pămîntului de cîte ori este mai mare un an în raport cu 8 minute. Această unitate de lungime exprimată în kilometri atinge cifra :

9 460 000 000 000,

ceea ce înseamnă că anul-lumină este egal cu aproape 9,5 trilioane km.

Mai complicată este o altă unitate de măsură în distanţele siderale, la care astronomii recurg mai bucuros şi care se numeşte *parsec*. Parsecul este distanţa de la care semidiametrul orbitei Pămîntului poate fi văzut sub un unghi de o secundă de arc. Unghiul sub care semidiametrul orbitei Pămîntului poate fi văzut de pe o stea se numeşte în astronomie „paralaxa anuală" a acestei stele. Din combinarea cu-

[1] Aproape alături se află steaua luminoasă α Centaurul (n. a.).

vintelor paralaxă și secundă s-a născut cuvîntul „parsec". Paralaxa stelei sus-amintite, Alfa Centaurului, este de 0,75 secunde ; se deduce ușor că distanța la care se găsește această stea este de 1,31 parseci. Nu este greu, de asemenea, de calculat că un parsec trebuie să includă de 206 265 ori distanța dintre Pămînt și Soare. Corelația dintre parsec și alte unități de lungime este următoarea :

1 parsec = 3,26 ani lumină = 30 800 000 000 000 km.

Iată distanța cîtorva stele exprimată în parseci și ani lumină :

	Parseci	*Ani-lumină*
Alfa Centaurul	1,31	4,3
Sirius	2,67	8,7
Procyon	3,39	11,0
Altair	4,67	15,2

Stelele citate mai sus se află la o distanță relativ mică față de noi. Ne dăm seama de această „relativitate" dacă ne reamintim că, pentru a exprima distanțele respective în kilometri, trebuie să înmulțim fiecare cifră din coloana întîi de 30 de bilioane ori (considerînd bilionul egal cu un milion de milioane). Cu toate acestea, parsecul și anul lumină nu sînt singurele unități mari de lungime uzitate în cadrul științei despre stele. Cînd astronomii au purces la măsurarea distanțelor și a dimensiunilor sistemelor stelare, adică a unor universuri întregi compuse din multe milioane de stele, s-a impus găsirea unei unități de lungime și mai mari. Ea a fost întocmită din parseci, așa cum un kilometru este compus din metri ; a apărut *„kiloparsecul"* egal cu 1 000 de parseci, sau cu 30 800 trilioane de kilometri. Folosind această unitate de lungime, diametrul Căii Laptelui, spre exemplu, este egal cu cifra 30, iar distanța care ne desparte de nebuloasa din constelația Andromedei — circa 300.

Curînd, însă, și kiloparsecul s-a dovedit a fi o unitate de măsură insuficientă, introducîndu-se în uz *„megaparsecul"*, care are *un milion* de parseci.

Prin urmare, iată tabelul unităților de măsură siderale :

1 megaparsec	=	1 000 000	parseci
1 kiloparsec	=	1 000	"
1 parsec	=	206 265	unități astronomice
1 unit. astronom.	=	149 500 000	km.

Nu există nici o posibilitate de a ne imagina, în mod demonstrativ, distanţa unui megaparsec. Dacă am reduce kilometrul la grosimea unui fir de păr (0,05 mm) şi încă megaparsecul va depăşi orice putere de imaginaţie omenească, deoarece şi în acest caz el ar fi egal cu $1\frac{1}{2}$ miliarde de kilometri — de 10 ori distanţa dintre Pămînt şi Soare.

Am să relatez, totuşi, o comparaţie, care poate ar ajuta pe cititor să-şi facă o idee despre mărimea uriaşă de neconceput a unui megaparsec. Un fir foarte subţire de păianjen întins pe distanţa dintre Leningrad şi Moscova ar cîntări 10 g ; acelaşi fir întins de la Pămînt la Lună ar cîntări cel mult 6 kg ; de la Pămînt la Soare — 2,3 tone. Firul de păianjen întins pe distanţa unui megaparsec ar trebui să cîntărească

500 000 000 000 tone !

Sistemul din care fac parte cele mai apropiate stele

E mult de atunci — circa o sută de ani în urmă — de cînd s-a aflat că cel mai apropiat sistem solar îl constituie steaua dublă de mărimea a doua din constelaţia sudică a Centaurului. Ultimii ani au îmbogăţit cunoştinţele noastre despre acest sistem cu amănunte interesante. A fost descoperită, în apropierea stelei α Centaurul o steluţă de mărimea 11, care formează, împreună cu celelalte două stele ale stelei α Centaurul, un sistem de trei stele. Apartenenţa, din punct de vedere fizic, a celei de-a treia steluţe la sistemul lui α Centaurul, deşi pe cer le desparte o distanţă de peste 2°, este confirmată de caracterul identic al mişcării lor : cele trei stele se îndreaptă cu aceeaşi viteză în aceeaşi direcţie. Cel mai mare interes îl prezintă faptul că cea de a treia steluţă din acest sistem este situată în spaţiu mai aproape decît celelalte două şi de aceea trebuie considerată drept cea mai apropiată stea dintre toate celelalte, a căror distanţă a fost determinată pînă în prezent. De altfel steluţa susamintită poartă chiar numele de „Apropiata“, în limba latină „Proxima“. Ea este mai aproape de noi decît stelele Alfei Centaurul (ele se numesc Alfa Centaurul A şi Alfa

Centaurul B), cu 3 960 de unități astronomice. Iată paralaxele lor:

Alfa Centaurului (A și B) . . .	0,751
Proxima Centaurului	0,762

Deoarece stelele A și B se găsesc, una de cealaltă, la o distanță de numai 34 unități astronomice, întregul sistem prezintă un aspect destul de curios (vezi fig. 84). Distanța care desparte pe A de B este cu puțin mai mare ca distanța dintre Uranus și Soare. Proxima, însă, se găsește la o distanță de ele egală cu 59 „zile lumină". Aceste stele își schimbă încet poziția: perioada de revoluție a stelelor A și B în jurul centrului de atracție comun este de 79 ani. Proxima, însă, efectuează aceeași mișcare de revoluție într-un răstimp de peste 100 000 de ani, așa că nu există nici un motiv să credem că ea va înceta curînd de a mai fi steaua cea mai apropiată, cedînd locul uneia dintre cele două stele ale lui α Centaurului.



Fig. 84. Cel mai apropiat sistem stelar față de Soarele nostru – α Centaurul: A, B și Proxima Centaurul.

Ce cunoaștem din particularitățile fizice ale stelelor din acest sistem? Alfa Centaurul A, după strălucire, masă și diametru, este puțin mai mare ca Soarele (fig. 85). Alfa Centaurul B are o masă ceva mai mică decît a Soarelui, este mai mare în diametru ca acesta de 1/5 ori, luminează însă de trei ori mai slab; corespunzător, temperatura de la suprafața ei este mai mică decît cea a Soarelui (4 400°, în timp ce a Soarelui este de 6 000°).

Proxima este și mai rece; temperatura de pe suprafața ei este de 3 000°; această stea are culoare roșie. Diametrul ei este de 14 ori mai mic ca diametrul Soarelui, așa că din punct de vedere al dimensiunilor este mai mică decît Jupiter sau Saturn (îi întrece, însă, ca masă, de sute de ori). Dacă ne-am transporta pe α Centaurul A, am vedea de acolo steaua B de aproape aceeași mărime pe care o are Soarele nostru pe cerul lui

Uranus. Proxima, însă, s-ar vedea şi de aici ca o stea mică şi palidă ; distanţa la care se află este de 250 ori mai mare decît cea dintre Pluton şi Soare şi de 1 000 de ori mai mare decît a lui Saturn.

După steaua triplă α Centaurul următoarea vecină apropiată a Soarelui nostru este o mică stea (de magnitudine 9,7) din constelaţia Şarpelui, denumită „Steaua Proiectil“. Această titulatură i-a fost atribuită pentru viteza mare cu care se mişcă, viteză accesibilă observaţiilor noastre. Această stea este de $1^{1}/_{2}$ ori mai departe de noi decît sistemul α Centaurul, dar în emisfera nordică a bolţii cereşti ea este vecina noastră cea mai apropiată. Zborul ei, în poziţie oblică, faţă de mişcarea Soarelui, este atît de impetuos, încît în mai puţin de 10 000 de ani ea se va apropia de noi la o distanţă de două ori mai mică, şi atunci va fi mai aproape ca steaua triplă α Centaurul.

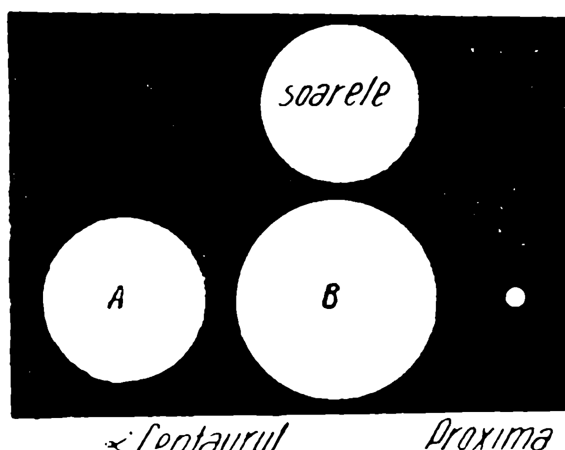


Fig. 85. Dimensiunile stelelor din sistemul α Centaurul în comparaţie cu dimensiunile Soarelui nostru.

Proporţiile Universului

Să ne întoarcem la modelul nostru miniatural al sistemului solar, pe care l-am construit cu gîndul, conform indicaţiilor din capitolul despre planete, şi să încercăm să-l completăm cu Universul stelelor. Care va fi rezultatul ?

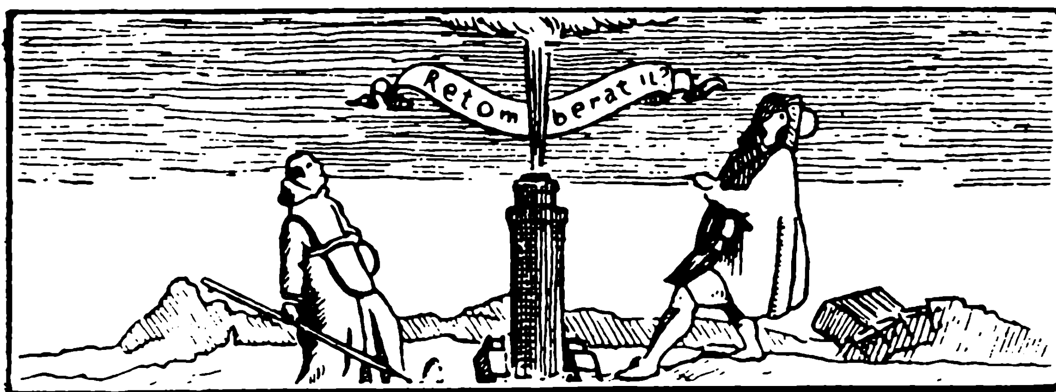
Vă amintiţi că în modelul nostru locul Soarelui îl deţinea o sferă cu un diametru de 10 cm, iar întreg sistemul planetar reprezenta un cerc cu un diametru de 800 de metri. La ce distanţă de Soare ar trebui să fixăm stelele, dacă respectăm cu stricteţe aceeaşi scară de proporţii ? Nu este greu de calculat că, spre exemplu, Proxima Centaurul — cea mai apropiată stea de Soare — s-ar afla la o distanţă de 2 700 km,

Sirius — la 5 500 km, Altair — la 9 700 km. Acestor stele aşa-zise „apropiate", în modelul nostru nu le-ar ajunge întreaga suprafaţă a Europei. Pentru stelele mai îndepărtate vom lua o altă unitate de măsură, mai mare, şi anume 1 000 km, denumită „megametru" (Mm). Perimetrul Pămîntului are în total 40 din aceste unităţi, iar distanţa dintre Pămînt şi Lună are 380 de megametri. În modelul nostru, Vega s-ar afla la o distanţă de 17 Mm, Arcturus — la 23 Mm, Capella — la 28 Mm, Regulus — la 53 Mm, Deneb (Alfa Lebedei) — la o distanţă de peste 350 Mm.

Să descifrăm ultima cifră, 350 Mm = 350 000 km, adică o distanţă ceva mai mică decît distanţa pînă la Lună. După cum vedeţi modelul *redus*, în care Pămîntul are dimensiunea unei gămălii de ac, iar Soarele — a unei mingi de crichet, capătă el însuşi dimensiuni cosmice !

Modelul nostru este încă incomplet. Stelele periferice şi mai îndepărtate din Calea Laptelui ar trebui să fie situate în acest model la o distanţă de 30 000 Mm — aproape de 100 de ori mai departe ca Luna. În plus Calea Laptelui nu reprezintă întregul Univers. Mult mai departe, dincolo de marginile ei, sînt situate alte sisteme stelare, de pildă acela care se poate vedea chiar cu ochiul liber în constelaţia Andromedei sau cele numite Norii lui Magellan, de asemeni accesibile ochiului liber. În modelul nostru ar trebui să arătăm Norul Mic al lui Magellan sub forma unui obiect cu un diametru de 4 000 Mm, Norul Mare al lui Magellan — de 5 500 Mm, ambele la o distanţă de 70 000 Mm de modelul Căii Laptelui. Modelul nebuloasei Andromedei ar trebui să aibă un diametru de 60 000 Mm, şi să se afle la o depărtare de 500 000 Mm de modelul Căii Laptelui, mai bine zis, la o distanţă aproape egală cu depărtarea reală a lui Jupiter !

Obiectele cereşti cele mai îndepărtate care intră în studiul astronomiei moderne sînt nebuloasele spirale, adică îngrămădiri de stele, situate mult în afara limitelor Căii Laptelui. Distanţa dintre ele şi Soare depăşeşte 1 000 000 ani lumină. Propunem cititorului nostru să calculeze singur distanţele respective pentru modelul nostru. În acelaşi timp, cititorul va căpăta noţiuni cu privire la dimensiunile acelei părţi din Univers care este accesibilă instrumentelor optice ale astronomiei moderne.



CAPITOLUL V

FORŢA GRAVITAŢIEI

Unde ar cădea un proiectil lansat vertical dintr-un tun situat la Ecuator (fig. 86) ? Această problemă a fost analizată într-o revistă acum douăzeci de ani, în legătură cu un proiectil imaginar lansat iniţial cu o viteză de 8 000 m pe secundă ; acest proiectil trebuia să atingă, după 70 de minute, o înălţime de 6 400 km (raza Pămîntului). Iată ce scria revista :

„Un proiectil lansat vertical în sus, la Ecuator, în clipa în care porneşte din ţeava de tun mai posedă şi viteza de rotaţie a punctelor de pe Ecuator în direcţia est (465 m/sec). Proiectilul se va deplasa cu această viteză paralel cu Ecuatorul. Punctul de la înălţimea de 6 400 km care, în momentul lansării proiectilului, se află vertical deasupra punctului de lansare, se va deplasa pe *cercul de rază dublă cu o viteză dublă*. Prin urmare, acest punct o ia înaintea proiectilului în direcţia est. Cînd proiectilul va atinge punctul culminant al traiectoriei lui, el nu se va afla vertical deasupra punctului de plecare, ci va rămîne în urmă spre vest. Acelaşi lucru se va petrece şi la căderea proiectilului. În consecinţă, după 70 de minute, timp în care proiectilul va urca şi va cădea înapoi pe pămînt, el se va deplasa cu aproximativ 4 000 km spre vest. Acolo trebuie aşteptată căderea lui. Pentru a obţine ca proiectilul să se întoarcă în acelaşi punct

de unde a fost lansat, trebuie să nu-i dăm o direcţie verticală, ci puţin oblică, în cazul nostru cu o înclinaţie de 5°".

C. Flammarion, în cartea sa „Astronomia", rezolvă aceeaşi problemă într-un mod cu totul diferit :

„Dacă tragem cu tunul, întorcîndu-i ţeava vertical în direcţia zenitului, ghiuleaua va cădea înapoi în ţeava tunu-

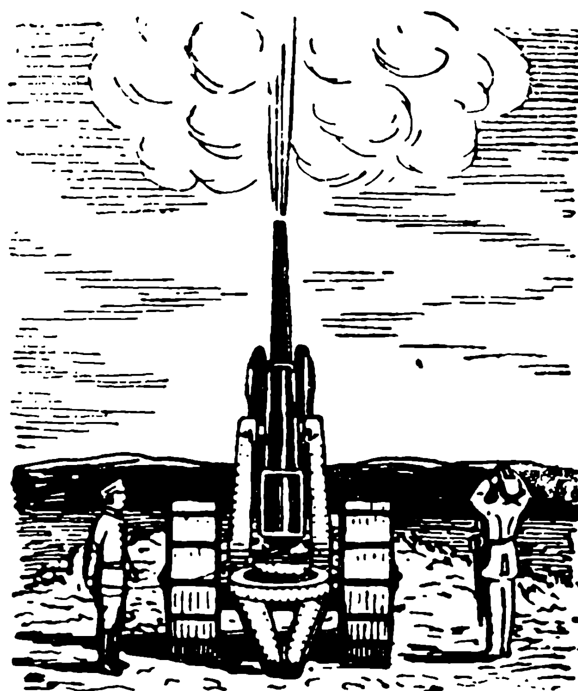


Fig. 86. Problemă despre o ghiulea de tun lansată vertical în sus.

lui, cu toate că, în răstimpul zborului şi căderii ei, tunul se va deplasa împreună cu Pămîntul spre est. Cauza e limpede. Ghiuleaua zburînd în sus nu pierde nimic din viteza transmisă ei de mişcarea Pămîntului. Cele două impulsuri pe care le primeşte nu sînt contrarii ; ea poate să urce un kilometru în sus şi să parcurgă în acelaşi timp, de exemplu, 6 km spre est. Mişcarea sa în spaţiu se va efectua pe diagonala paralelogramului ale cărui laturi sînt — prima de 1 km, iar a doua de 6 km. În jos, din cauza greutăţii, va cădea pe o altă diagonală (mai bine-zis pe o curbă, deoarece căderea este accelerată) şi va cădea din nou în ţeava de tun, care rămîne în aceeaşi poziţie verticală."

„O astfel de experiență ar fi totuși dificilă — adaugă Flammarion — pentru că rar găsești un tun bine calibrat și este foarte greu să-l așezi în poziție absolut verticală. Mersenne și Petit au încercat să facă acest lucru, dar în cele din urmă nici nu au găsit ghiuleaua pe care au lansat-o. Varignon a înfățișat pe coperta lucrării sale „Noi teorii despre forța gravitației" (anul 1690) un desen referitor la cele spuse mai sus (îl redăm la începutul capitolului). El reprezintă doi oameni — un călugăr și un militar, care stau lîngă un tun îndreptat cu țeava spre zenit și privesc în sus, urmărind parcă ghiuleaua trasă din tun. Pe gravură stă scris (în limba franceză) : „Va cădea înapoi ?" Călugărul este Mersenne, iar militarul — Petit. Ei au făcut de cîteva ori această experiență periculoasă, dar pentru că nu au ochit atît de bine, încît ghiuleaua să nimerească direct în capul lor, au ajuns la concluzia că ea a rămas pentru totdeauna suspendată în aer. Varignon se minunează de acest lucru cu următoarele cuvinte : „O ghiulea, care să stea suspendată deasupra capetelor noastre ! Într-adevăr este un lucru uimitor !" La Strassburg, cînd s-a repetat această experiență, ghiuleaua s-a găsit la cîteva sute de metri de tun. Desigur că tunul nu fusese așezat în poziție absolut verticală."

Iată, deci, două soluții date în aceeași problemă care, după cum vedem, sînt în contradicție. Unul dintre autori afirmă că ghiuleaua va cădea departe spre vest de la locul lansării ei, iar celălalt susține că va cădea neapărat în țeava de tun. Cine are dreptate ?

Respectînd cu strictețe adevărul, trebuie să spunem că niciuna dintre cele două soluții nu este justă. Totuși cea a lui Flammarion este mult mai aproape de realitate. Ghiuleaua trebuie să cadă ceva mai spre vest de locul unde se află tunul, dar nu așa departe cum afirmă primul autor, și nici în țeava de tun, cum era convins cel de al doilea autor.

Din păcate problema nu poate fi rezolvată prin intermediul matematicii elementare [1]. De aceea mă voi mărgini să arăt aici rezultatul final.

---

[1] În acest scop este necesar un calcul special și amănunțit, pe care l-au făcut specialiștii la cererea mea. Nu pot să mă lansez aici în detaliile acestui calcul (n. a.).

Dacă viteza inițială a ghiulelei o vom numi „v“, viteza unghiulară de rotație a globului pămîntesc o vom însemna cu ω (omega), iar accelerația forței gravitației cu litera g, vom obține pentru distanța „x“ dintre punctul de cădere al ghiulelei spre vest și locul unde se află tunul următoarea expresie:

la Ecuator

$$x = \frac{4}{3}\omega\frac{v^3}{g^2}$$

iar la latitudinea φ

$$x = \frac{4}{3}\omega\frac{v^3}{g^2}\cos\varphi$$

Aplicînd formula la problema ridicată de primul autor, avem:

$$\omega = \frac{2\pi}{86\,164}$$

$$v = 8\,000 \text{ m/sec}$$

$$g = 9{,}8 \text{ m/sec}^2$$

Substituind în prima formulă aceste valori, rezultă că x = 520 km; ghiuleaua va cădea la 520 km spre vest de locul unde se află tunul (nu însă la 4 000 km, așa cum a presupus primul autor).

Dar care este rezultatul formulei în cazul analizat de Flammarion? Ghiuleaua nu a fost trasă cu tunul la Ecuator, ci lîngă Paris, la paralela 48°. Viteza inițială a ghiulelei, trasă cu un tun de tip foarte vechi, o vom considera 300 m/sec. Să introducem în formula a doua valorile:

$$\omega = \frac{2\pi}{86\,164}$$

$$v = 300 \text{ m/sec}$$

$$g = 9{,}8 \text{ m/sec}^2$$

$$\varphi = 48°,$$

obținem pe x = 18; ghiuleaua va cădea la 18 m de tun (nicidecum chiar în țeava tunului, cum presupunea astronomul francez). Desigur în calculele de mai sus noi nu am ținut seama de eventualele deviații ce s-ar putea produce sub acțiunea curenților de aer, care pot schimba în mare măsură acest rezultat.

Greutatea la mari înălțimi

În calculele relatate în articolul precedent s-a socotit valabilă o circumstanță asupra căreia nu am atras pînă în prezent atenția cititorului. Este vorba de faptul că, pe măsură ce ne îndepărtăm de Pămînt, forța gravitației descrește. Greutatea nu este altceva decît manifestarea gravitației universale, iar forța de atracție reciprocă dintre două corpuri descrește cu repeziciune pe măsură ce crește distanța dintre ele. Potrivit legii lui Newton forța de atracție descrește proporțional cu *pătratul* distanței ; distanța trebuie calculată din centrul Pămîntului, deoarece acesta atrage spre el toate corpurile de așa manieră, de parcă întreaga lui masă ar fi concentrată în centrul său. De aceea la o altitudine de 6 400 km, adică la o distanță de două raze ale Pămîntului de la centrul acestuia, forța de atracție este de patru ori mai mică în comparație cu forța de atracție de la suprafața globului pămîntesc.

Această circumstanță are ca rezultat, în ceea ce privește lansarea unui proiectil de artilerie, faptul că proiectilul se ridică la o înălțime mai mare decît în cazul cînd greutatea nu ar scădea o dată cu creșterea înălțimii. Am presupus că un proiectil lansat vertical în sus cu o viteză de 8 000 m/sec. se ridică la o înălțime de 6 400 km. Dacă am calcula, însă, înălțimea la care se ridică acest proiectil după binecunoscuta formulă, care nu ia în considerare scăderea greutății în funcție de altitudine, înălțimea respectivă va fi de două ori mai mică. Să facem acest calcul. În manualele de fizică și mecanică se dă pentru calculul înălțimii „h“ pe care o atinge un corp aruncat vertical în sus cu viteza v, avînd neschimbată accelerația forței gravitației „g“ următoarea formulă :

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

Dacă v = 8 000 m/sec, g = 9,8 m/sec^2 obținem

$$h = \frac{8\,000^2}{2 \cdot 9{,}8} = 3\,265\,000 \text{ m} = 3\,265 \text{ km}.$$

Aceasta este o înălțime de două ori mai mică decît cea indicată în capitolul precedent. Diferența se justifică, așa

cum am mai spus, prin aceea că, uzînd de formulele din manual, nu am ţinut cont de diminuarea forţei gravitaţiei în funcţie de înălţime. Este limpede că proiectilul, atunci cînd este atras mai puţin de Pămînt, avînd aceeaşi viteză, se va ridica mai sus.

Să nu ne grăbim a trage concluzia că formulele date în manualele pentru calculul înălţimii pe care o atinge un corp aruncat în sus nu ar fi juste. Ele sînt valabile în acel cadru pentru care sînt predestinate şi devin injuste cînd calculele depăşesc cadrul respectiv. De fapt, aceste formule sînt indicate pentru înălţimi mici, la care reducerea forţei de atracţie este atît de neînsemnată, încît nu se ia în consideraţie. Astfel, pentru un proiectil lansat în sus cu o viteză iniţială de 300 m/sec, forţa de atracţie se reduce într-o măsură extrem de mică.

Ne aflăm, totuşi, în faţa unei interesante probleme : se face simţită, oare, descreşterea forţei gravitaţiei la înălţimile atinse de aviaţia modernă şi navigaţia aeriană ? Se remarcă la aceste înălţimi reducerea greutăţii corpurilor ? În anul 1936 aviatorul Vladimir Kokkinaki a ridicat cu avionul său diferite încărcături la mari înălţimi : $^1/_2$ tonă la înălţimea de 11 458 m, o tonă — la 12 100 m şi două tone la 11 295 m. Se pune întrebarea dacă aceste greutăţi rămîneau aceleaşi la înălţimile record amintite mai sus, sau pierdeau o parte considerabilă din greutatea iniţială. Din primul moment s-ar părea că, ridicînd încărcături la o înălţime de peste zece kilometri deasupra scoarţei Pămîntului, faţă de mărimea acestei planete reducerea greutăţii lor ar trece aproape neobservată. Găsindu-se pe suprafaţa Pămîntului, încărcătura ar fi la o distanţă de 6 400 km de centrul planetei noastre ; ridicarea ei la o înălţime de 12 km ar majora această distanţă pînă la 6 412 km, ceea ce ar constitui în aparenţă un adaos prea neînsemnat ca să se observe o reducere de greutate. Totuşi, calculele ne dovedesc că pierderea greutăţii este destul de simţitoare.

Să facem un singur calcul : de pildă în cazul cînd Kokkinaki a ridicat 2 000 kg la o înălţime de 11 295 m. La această înălţime avionul se afla mai departe de centrul Pămîntului decît la decolare de $\frac{6411,3}{6400}$ ori.

Forţa de atracţie se reduce aici de:

$$\left(\frac{6411,3}{6400}\right)^2, \text{ adică de } \left(1+\frac{11,3}{6400}\right)^2 \text{ ori.}$$

Prin urmare, încărcătura ridicată la înălţimea respectivă trebuie să cîntărească

$$2000 : \left(1+\frac{11,3}{6400}\right)^2 \text{ kg.}$$

Dacă am efectua acest calcul (în care scop este oportun să uzăm de metoda calculului prin aproximaţie [1]) am vedea că o încărcătură de 2 000 kg la o înălţime record ar cîntări numai 1 993 kg; ar deveni mai uşoară cu 7 kg — o pierdere în greutate destul de simţitoare. O greutate de un kg ar cîntări la aceeaşi înălţime numai 996,5 g; 3,5 g s-ar pierde.

Trebuie că au încercat o pierdere şi mai mare în greutate navigatorii noştri în stratosferă, care au atins înălţimea de 22 km; acolo fiecare kg scade cu 7 g.

În cazul zborului record al aviatorului Iumaşev, care în 1936 a ridicat cu avionul, la o înălţime de 8 919 m, 5 000 kg, putem stabili prin calcul că încărcătura respectivă a suferit o pierdere totală de 14 kg.

Tot în anul 1936 aviatorul M. I. Alexeev a ridicat o tonă la o înălţime de 12 695 m, aviatorul M. Niuhtikov a ridicat 10 tone la o înălţime de 7 032 m etc. Aplicînd cele relatate de noi mai sus, cititorul va putea calcula cu uşurinţă pierderea de greutate în aceste cazuri.

Cu compasul de-a lungul căilor planetare

Am putea spune că dintre cele trei legi cu privire la mişcarea planetelor, legi smulse naturii cu eforturi uriaşe de către geniul lui Kepler, cea mai grea de înţeles pentru mulţi este prima lege. Aceasta afirmă că planetele se mişcă pe o

---

[1] Ne putem folosi de egalităţi aproximative:

$$(1+\alpha)^2 = 1+2\alpha \text{ şi } 1:(1+\alpha) = 1-\alpha,$$

în care α reprezintă o valoare extrem de mică. De aceea

$$2000 : \left(1+\frac{11,3}{6400}\right)^2 = 2000 : \left(1+\frac{11,3}{3200}\right) = 2000 - \frac{11,3}{1,6} = 2000 - 7.$$

elipsă. De ce tocmai pe o elipsă ? S-ar părea că, dat fiind că Soarele exercită în toate direcţiile aceeaşi forţă de atracţie care descreşte egal pe măsură ce se măreşte distanţa, toate planetele ar trebui să se învîrtească în jurul Soarelui pe un cerc şi nicidecum pe o elipsă turtită, în care Soarele nu deţine măcar punctul central. Nedumeriri de acest gen se pot lămuri perfect, dacă analizăm problema pe cale matematică. Din păcate noţiunile de matematică superioară, necesare în acest domeniu, sînt cunoscute de prea puţini adepţi ai întin-

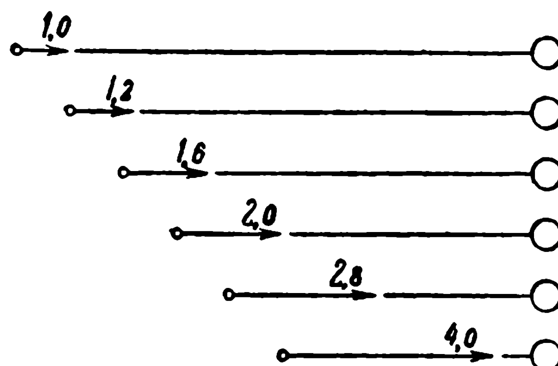


Fig. 87. Forţa de atracţie exercitată de Soare asupra unei planete creşte în funcţie de micşorarea distanţei.

derilor astrale. Ne vom strădui, totuşi, să facem inteligibilă exactitatea legilor lui Kepler pentru acei cititori care nu dispun decît de arsenalul matematicii elementare.

Înarmîndu-ne cu un compas, o riglă şi o coală mare de hîrtie, vom începe să schiţăm căile planetare şi să ne convingem astfel, din punct de vedere grafic, că le vom obţine aşa cum trebuie să fie ele conform legilor lui Kepler.

Mişcarea planetelor este dirijată de forţa gravitaţiei. Să ne oprim asupra acestui lucru. Cercul din dreapta (fig. 87) reprezintă un Soare ; în stînga lui — o planetă imaginară. Să admitem că distanţa între ele este de 1 000 000 km ; pe desen distanţa are 5 cm — cu o scară de 200 000 km : 1 cm.

Săgeata de 0,5 cm lungime reprezintă forţa de atracţie pe care o exercită Soarele asupra planetei noastre (fig. 87). Să zicem că sub influenţa acestei forţe de atracţie planeta s-a apropiat de soare şi se găseşte acum numai la o distanţă de 900 000 km de el, adică de 4,5 cm pe desenul nostru. Po-

trivit legii gravitației atracția planetei de către Soare se va intensifica de $\left(\frac{10}{9}\right)^2$, adică de 1,2 ori. Dacă pînă acum atracția era redată printr-o săgeată egală cu o unitate, acum trebuie să socotim săgeata de 1,2 unități. Cînd distanța se va micșora pînă la 800 000 km, adică pînă la 4 cm, pe desenul nostru forța de atracție va crește de $\left(\frac{5}{4}\right)^2$, adică de 1,6 ori și va fi redată printr-o săgeată de 1,6 unități. Dacă planeta va continua să se apropie de Soare la distanțe de 700, 600, 500 de mii km, forța de atracție va fi exprimată corespunzător prin săgeți de 2, 2,8 și 4 unități de lungime.

Ne putem imagina că aceleași săgeți, pe lîngă forțele de atracție, mai reprezintă și deplasarea în spațiu pe care o efectuează corpul sub influența acestor forțe într-o unitate de timp (în cazul de față deplasările sînt proporționale cu accelerațiile, prin urmare și cu forțele respective). În schemele noastre ulterioare vom folosi acest desen drept scară de proporție pentru deplasarea planetelor.

Fig. 88. Modul în care Soarele S deviază direcția de mișcare a planetei W K P R.

Să facem acum graficul drumului parcurs de o planetă ce se rotește în jurul Soarelui. Să admitem că la un moment dat o planetă, a cărei masă este egală cu aceea pe care o analizăm, mișcîndu-se în direcția WK cu o viteză de 2 unități de lungime, ajunge în punctul K, la o distanță de 800 000 km de Soare (fig. 88). La această distanță forța de atracție a Soarelui va acționa asupra planetei cu atîta putere, încît o va sili ca într-o unitate de timp să se deplaseze în direcția Soarelui cu 1,6 unități de lungime; în același interval de timp planeta se va deplasa în direcția inițială WK cu două unități de lungime. În consecință ea se va de-

plasa pe diagonala KP a paralelogramului construit pe deplasările K1 și K2 ; această diagonală este egală cu 3 unități de lungime (fig. 88).

Aflîndu-se în punctul P, planeta tinde să se miște în continuare în direcția KP cu o viteză de 3 unități. În același timp, sub influența forței de atracție a Soarelui exercitată

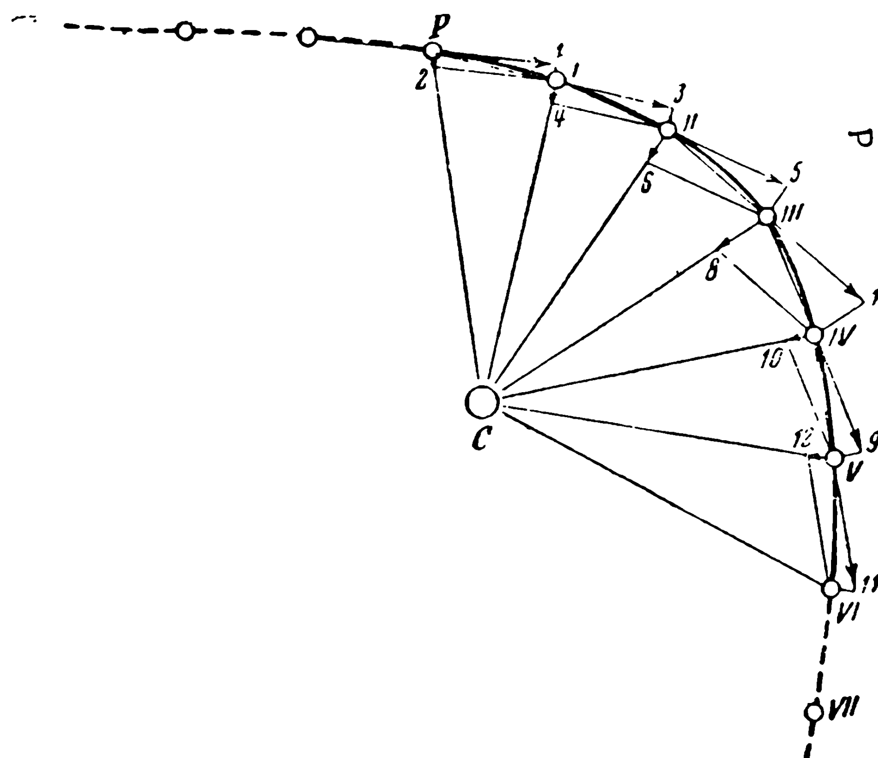


Fig. 89. Soarele deviază planeta P din drumul ei inițial rectiliniu, silind-o să descrie o linie curbă.

pe distanța SP = 5,8, ea va trebui să parcurgă în direcția SP distanța P4 = 3. Prin urmare ea va parcurge diagonala PR a respectivului paralelogram.

Nu vom continua schema noastră ; scara de proporție ar deveni prea mare. Se înțelege de la sine că cu cît este mai mică scara de proporție, cu atît mai mare va fi porțiunea cuprinsă în desenul nostru din drumul parcurs de planetă, în timp ce asemănarea dintre schema noastră și drumul real al planetei nu va fi deformată de ascuțimea unghiurilor. În fig. 89 redăm același tablou într-o scară de proporție mult mai mică pentru cazul cînd Soarele ar întîlni un corp ceresc oarecare, asemănător, ca masă, cu planeta amintită

de noi mai sus. Aici vedem clar felul în care Soarele deviază această planetă-venetică din drumul ei inițial și o silește să se deplaseze pe curba P — I-II-III-IV-V-VI. Unghiurile drumului parcurs de planetă, redate în acest desen, nu sînt atît de ascuțite și nu este greu să unim printr-o linie curbă diferitele poziții ale planetei.

Dar ce fel de linie curbă este aceasta? Geometria ne va ajuta să obținem acest răspuns. Suprapuneți pe desen (fig. 89) o foiță de hîrtie subțire și copiați pe ea șase puncte luate la întîmplare din drumul parcurs de planetă. Numerotați aceste șase puncte în ordinea în care doriți (fig. 90) și uniți-le în aceeași ordine cu linii drepte între ele. Veți obține o figură hexagonală înscrisă în circuitul parcurs de planetă, ale cărei laturi se întretaie pe alocuri. Prelungiți acum dreapta 1—2 pînă la intersecția cu linia 4—5 în punctul I. Tot astfel veți obține punctul II la intersecția dreptelor 2—3 și 5—6, apoi punctul III — la intersecția 3—4 și 1—6. Dacă curba cercetată de noi constituie una din așa-zisele „secțiuni conice", adică elipsă, parabolă sau hiperbolă, în acest caz cele trei puncte, I, II și III, trebuie să se găsească pe o linie dreaptă. Aceasta este teorema geometrică (nu face parte din programa analitică a școlilor medii), care poartă denumirea de „hexagonul lui Pascal".

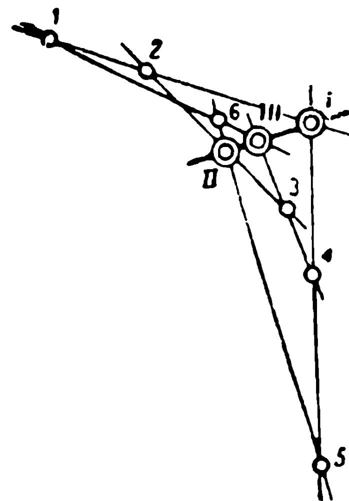


Fig. 90. Dovada geometrică că planetele se mișcă în jurul Soarelui pe secțiuni conice (amănunte în text).

Într-o schiță executată cu atenție, punctele de intersecție susamintite se vor găsi mereu pe aceeași dreaptă. Aceasta dovedește că linia curbă reprezintă fie o elipsă, fie o parabolă sau o hiperbolă. Pentru figura 89, prima ipoteză nu corespunde (linie curbă deschisă), deci în acest caz planeta s-a mișcat pe o parabolă sau o hiperbolă. Raportul dintre viteza inițială și forța de atracție nu are alt rezultat decît acela că Soarele deviază planeta din drumul ei drept, dar n-o poate sili să se rotească în jurul lui, nu reușește să o „prindă", așa cum spun astronomii, în circuitul său.

Să încercăm să elucidăm prin aceeaşi metodă cea de a doua lege a mişcării planetelor — aşa-numita lege a suprafeţelor. Cercetaţi cu atenţie figura 21 (pag. 53). Douăsprezece puncte care marchează figura respectivă o împart în 12 sectoare ; ca lungime ele nu sînt egale ; ştim însă că planeta le parcurge în intervale de timp egale. Unind punctele 1—2—3 ş.a.m.d. cu Soarele obţineţi 12 figuri pe care le puteţi considera cu aproximaţie triunghiuri, dacă uniţi punctele cu cîte o coardă. Măsurînd baza şi înălţimea lor, veţi putea calcula suprafaţa lor. Vă veţi convinge că toate triunghiurile au suprafeţe egale. Cu alte cuvinte, ajungeţi la cea de-a doua lege a lui Kepler :

Razele-vectoare ale orbitelor planetelor descriu în intervale de timp egale suprafeţe egale.

Prin urmare, compasul ne ajută pînă la un anumit punct să pătrundem sensul primelor două legi privitoare la mişcarea planetelor. Pentru a ne edifica asupra celei de a treia legi, vom schimba compasul cu peniţa şi vom face cîteva exerciţii aritmetice.

Căderea planetelor pe Soare

V-aţi gîndit, oare, vreodată, ce s-ar întîmpla dacă Pămîntul nostru ar întîlni, la un moment dat, un obstacol şi s-ar opri din goana lui în jurul Soarelui ? Fireşte, în primul rînd acea rezervă uriaşă de energie, pe care o posedă planeta noastră ca un corp în mişcare, se va transforma în căldură şi va încinge globul pămîntesc. Pămîntul goneşte pe orbita sa cu o viteză de zeci de ori mai mare decît viteza glontelui şi nu este greu de calculat că transformarea energiei cu care se mişcă el în căldură ar da naştere la o temperatură fantastică care ar transforma într-o clipită globul nostru într-un nor uriaş de gaze incandescente...

În ipoteza că Pămîntul ar scăpa de această soartă într-o eventuală oprire a lui, el ar fi, totuşi, condamnat să piară în flăcări ; ademenit de forţa de atracţie a Soarelui, Pămîntul ar porni spre el cu o viteză crescîndă şi ar pieri în îmbrăţişarea de foc a acestuia.

Această cădere catastrofală ar începe încet, cu o viteză de melc ; în prima secundă Pămîntul s-ar apropia de Soare

numai cu 3 mm. Cu fiecare secundă însă viteza lui ar crește progresiv, atingînd în ultima instanță 600 km/sec. Cu această viteză neînchipuită globul pămîntesc s-ar prăbuși pe suprafața încinsă a Soarelui.

Este interesant de făcut calculul cît ar dura acest zbor fatal și dacă s-ar prelungi mult agonia nefericitei noastre lumi ! La efectuarea acestui calcul ne ajută cea de-a *treia* lege a lui Kepler, care nu se referă numai la mișcarea planetelor, ci și a cometelor și a tuturor corpurilor cerești în general, care se mișcă în spațiul cosmic sub influența acțiunii forței centrale a gravitației. Această lege face legătura între timpul necesar mișcării de revoluție a plantei („anul" ei) și distanța care o separă de Soare, fiind exprimată astfel :

Pătratele perioadelor de revoluție ale planetelor sînt proporționale cu cuburile semiaxelor mari ale orbitelor lor.

În cazul nostru putem asemui globul pămîntesc, zburînd în direcția Soarelui, cu o cometă imaginară care se mișcă pe o elipsă extrem de turtită, ale cărei extremități sînt situate — una pe orbita Pămîntului, cealaltă — în centrul Soarelui. Se vede că semiaxa mare a orbitei unei astfel de comete este de două ori mai mică decît semiaxa mare a orbitei Pămîntului. Să calculăm care ar fi perioada de rotație a acestei comete imaginare.

Să întocmim o proporție pe baza celei de-a treia legi a lui Kepler :

$$\frac{(\textit{perioadă rotație Pămînt})^2}{(\textit{perioadă rotație cometă})^2} = \frac{(\textit{semiaxa mare a orbitei Pămîntului})^3}{(\textit{semiaxa mare a orbitei cometei})^3}$$

Perioada de rotație a Pămîntului este egală cu 365 zile ; să luăm drept unitate semiaxa mare a orbitei lui și în acest caz semiaxa mare a orbitei cometei s-ar exprima prin fracția 0,5. Proporția noastră se exprimă acum astfel :

$$\frac{365^2}{(\text{perioada rotațici cometei})^2} = \frac{1}{0{,}5^3}$$

$$(\text{perioada de rotație a cometei})^2 = 365^2 \times \frac{1}{8}$$

Prin urmare,

$$\text{perioada de rotație a cometei} = 365 \times \frac{1}{\sqrt{8}} = \frac{365}{\sqrt{8}}$$

Pe noi nu ne interesează, la drept vorbind, întreaga perioadă de rotație a acestei comete imaginare, ci numai jumătate din perioadă, adică durata zborului pînă la un capăt — de la orbita Pămîntului pînă pe Soare care ne interesează. Să-l calculăm :

$$\frac{365}{\sqrt{8}}:2=\frac{365}{2\sqrt{8}}=\frac{365}{\sqrt{32}}=\frac{365}{5{,}65}$$

Deci pentru a afla în cît timp ar cădea Pămîntul pe Soare este nevoie să împărțim durata anului la $\sqrt{32}$, adică la 5,65. Rezultatul rotund s-ar cifra la 65 zile.

Prin urmare, am calculat că Pămîntul, oprit dintr-o dată din mișcarea sa pe orbită, ar trece într-o mișcare de cădere pe Soare, care ar dura timp de peste două luni.

Nu este greu de constatat că formula simplă, obținută mai sus pe baza legii a treia a lui Kepler, nu se aplică numai Pămîntului, ci și fiecărei planete și chiar fiecărui satelit. Cu alte cuvinte, pentru ca să aflăm în cît timp o planetă sau un satelit ar cădea pe astrul său central, trebuie să împărțim perioada lui de rotație la $\sqrt{32}$, adică la 5,65.

Din acest motiv, de pildă Mercur, care este cea mai apropiată planetă de Soare, efectuînd înconjurul acestuia în 88 de zile, ar cădea pe Soare în $15^1/_2$ zile. Durata de cădere pe Soare a lui Neptun, al cărui an este egal cu 165 de ani pămînteni, ar fi de 29 de ani, iar a lui Pluton — de 44 ani.

În ce perioadă de timp ar cădea oare Luna pe Pămînt, dacă s-ar opri brusc din mișcarea ei ? Împărțim perioada de rotație a Lunei în jurul Pămîntului — 27,3 zile — la 5,6 ; rezultatul va fi aproape egal cu 5 zile. Dar nu numai Luna, ci în genere orice corp care s-ar afla la aceeași distanță de noi ca și Luna ar cădea pe Pămînt în timp de 5 zile, cu condiția să nu i se imprime o viteză inițială, iar căderea lui să se producă exclusiv sub influența acțiunii de atracție a Pămîntului (în vederea simplificării nu mai ținem cont de forța de atracție a Soarelui). Folosind aceeași formulă, nu este greu să verificăm durata zborului pe Lună, indicată în romanul lui Jules Verne „De la Pămînt la Lună".

Nicovala lui Vulcan

Vom folosi regula mai sus stabilită pentru a rezolva o interesantă problemă din mitologie. Străvechea legendă a lui Vulcan din mitologia romană ne spune, printre altele, că acest zeu a aruncat la un moment dat din cer nicovala sa. Timpul de cădere al nicovalei, pînă a atinge Pămîntul, a durat 9 zile. După părerea celor din antichitate, acest interval de timp corespundea închipuirii lor cu privire la uriaşa înălţime la care sălăşluiau zeii ; era un lucru ştiut doar că aceeaşi nicovală aruncată de pe vîrful piramidei lui Keops ar fi ajuns la Pămînt în cinci secunde !

Făcînd un simplu calcul, ajungem la concluzia că universul grecilor antici era destul de strîmt, ţinînd cont, fireşte, de punctul de reper enunţat în legenda mitologică susamintită.

Am aflat că timpul de cădere a Lunei pe Pămînt ar fi de 5 zile, în timp ce nicovala din mitologie a căzut 9 zile în şir. Prin urmare „cerul" de pe care s-a prăbuşit nicovala se găseşte mai departe de orbita Lunei. Cu mult mai departe însă ? Dacă înmulţim 9 zile cu $\sqrt{32}$, aflăm intervalul de timp în care nicovala ar face înconjurul globului pămîntesc, dacă ar fi un satelit al planetei noastre : 9 x 5,6 = 51 de zile. În continuare, să aplicăm Lunei şi satelitului nostru imaginar — nicovala — cea de a treia lege a lui Kepler. Să întocmim proporţia

$$\frac{(\text{perioada de rotaţie a Lunei})^2}{(\text{perioada de rotaţie a nicovalei})^2} = \frac{(\text{distanţa Lunei})^3}{(\text{distanţa nicovalei})^3}.$$

Substituind noţiunile cu cifre, obţinem

$$\frac{27{,}3^2}{51^2} = \frac{380\,000^3}{(\text{distanţa nicovalei})^3}$$

Din proporţia de mai sus nu este greu de găsit distanţa dintre nicovală şi Pămînt :

$$\text{distanţa nicovalei} = \sqrt[3]{\frac{51^2 \cdot 380\,000^3}{27{,}3^2}} = 380\,000 \sqrt[3]{\frac{52^2}{27{,}3^2}}$$

Calculul ne dă următorul rezultat : 580 000 km.

Iată deci, cît de infimă ar părea pentru un astronom contemporan distanţa pînă la cerul grecilor din antichitate :

o dată şi jumătate distanţa pînă la Lună. Universul celor din antichitate s-ar sfîrşi cu aproximaţie acolo unde, după concepţiile noastre, el abia începe.

Hotarele sistemului solar

Legea a treia a lui Kepler mai oferă şi posibilitatea de a calcula cît de departe trebuie extinse hotarele sistemului nostru solar, dacă am considera drept puncte terminus ale lui extremităţile cele mai îndepărtate ale orbitelor cometelor. Am mai vorbit despre acest lucru într-un capitol anterior ; ne mai rămîne să facem doar calculul. Am amintit în capitolul III despre comete, care au o lungă perioadă de rotaţie — 776 de ani. Să calculăm distanţa „X" pînă la afeliul unei astfel de comete, cunoscînd că distanţa minimă dintre ea şi Soare (periheliu) este de 1 800 000 km. Luînd Pămîntul drept factor de comparaţie, vom întocmi următoarea proporţie :

$$\frac{776^2}{1^2} = \frac{\left[\frac{1}{2}(x + 1\,800\,000)\right]^3}{150\,000\,000^3}$$

De aci

$$x + 1\,800\,000 = 2. \quad 150\,000\,000^3 \cdot \sqrt[3]{776^2}.$$

Prin urmare

$$x = 25\,318\,000\,000 \text{ km.}$$

În concluzie, cometele respective trebuie să se distanţeze de Soare de 182 de ori mai mult ca Pămîntul şi de 4 1/2 ori mai mult ca Pluton — ultima dintre plantele cunoscute nouă.

Eroarea din romanul lui Jules Verne

Născocita cometă „Gallia", pe care Jules Verne a plasat acţiunea romanului său „Hector Servadac", face înconjurul Soarelui într-un interval de timp egal cu doi ani. Un alt indiciu amintit în roman se referă la distanţa la care se

află afeliul acestei comete : la 820 milioane km de Soare. Cu toate că în roman nu se indică distanţa periheliului, după cele două date de mai sus sîntem deja îndreptăţiţi să afirmăm că în sistemul nostru solar nu poate exista o cometă asemănătoare. Ne putem convinge de aceasta făcînd calculul conform formulei celei de a treia legi a lui Kepler.

Însemnăm cu „x“ milioane km distanţa necunoscută de noi a aeriheliului. În acest caz axa mare a orbitei cometei va fi egală cu x + 820 milioane km, iar semiaxa mare egală cu $\frac{x + 820}{2}$ milioane km. Întocmind proporţia dintre perioada de rotaţie şi distanţa cometei faţă de perioada de rotaţie şi distanţa Pămîntului, după legea lui Kepler, obţinem următoarele :

$$\frac{2^2}{1^2} = \frac{(x + 820)^3}{2^3 \cdot 150^3}$$

de unde

$$x = - 343$$

Numărul negativ, reprezentînd distanţa minimă a cometei faţă de Soare indică inadvertenţa datelor iniţiale ale problemei. Cu alte cuvinte, o cometă al cărei timp de rotaţie în jurul Soarelui este atît de scurt — 2 ani — nu se poate distanţa atît de departe de Soare, după cum se spune în romanul lui Jules Verne.

Cum a fost cîntărit Pămîntul

Circulă o anecdotă despre un naiv care se mira grozav de un singur lucru : — cum de astronomii au reuşit să afle denumirea stelelor ? Vorbind serios, mai surprinzător ne apare faptul că astronomii au reuşit să cîntărească atît Pămîntul pe care trăim, cît şi îndepărtaţii aştri cereşti. Într-adevăr, oare prin ce mijloace au făcut ei aceasta, ce fel de cîntar poate fi acela pe care s-a cîntărit Pămîntul şi întreg cerul ?

Să începem cu cîntărirea Pămîntului. În primul rînd să stabilim ce trebuie înţeles sub expresia „greutatea globului pămîntesc“. Considerăm greutatea unui corp presiunea pe

care o exercită acesta asupra punctului său de sprijin sau forţa cu care atîrnă el de punctul său de suspensie. Dar nici una şi nici cealaltă nu se pot aplica la globul pămîntesc: Pămîntul nu se sprijină pe nimic şi nu atîrnă de ceva. Prin urmare, judecînd în acest sens, Pămîntul nu are greutate. În acest caz, ce au stabilit savanţii „cîntărind" Pămîntul? Ei au determinat *masa* lui. În realitate, cînd cerem într-o prăvălie să ni se cîntărească 1 kg de zahăr, nu ne interesează cîtuşi de puţin greutatea cu care acest zahăr apasă pe punctul său de sprijin sau forţa cu care atîrnă de punctul său de suspensie. În privinţa zahărului ne interesează altceva: ne preocupă doar cîte pahare de ceai se pot bea cu zahărul respectiv; cu alte cuvinte, ne interesează să ştim cantitatea de materie pe care o conţine.

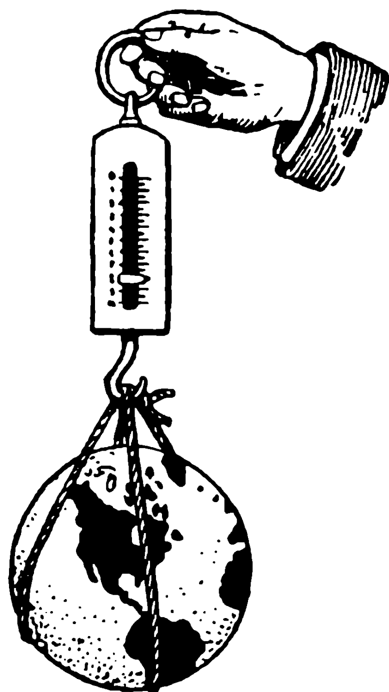


Fig. 91. Cu ce cîntar ar putea fi cîntărit Pămîntul.

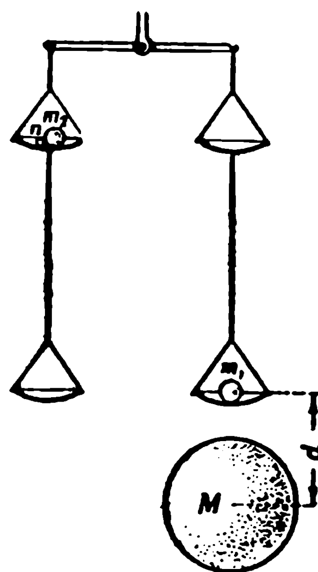


Fig. 92. Un mijloc de a determina masa Pămîntului; balanţa Jolly.

Pentru stabilirea cantităţii de materie există o singură metodă: să aflăm forţa cu care este atras corpul de Pămînt. Considerăm că la mase egale corespund unităţi egale de materie, iar masa unui corp o apreciem numai după forţa de atracţie a lui, deoarece forţa de atracţie este proporţională cu masa.

Vorbind despre greutatea Pămîntului putem spune că „greutatea“ lui poate fi determinată în momentul cînd ne este cunoscută *masa lui ;* astfel, problema determinării greutăţii Pămîntului trebuie socotită o problemă de calcul a masei acestuia.

Vom descrie una dintre metodele de rezolvare a acestei probleme (metoda Jolly 1871). În figura 92 aveţi o balanţă foarte sensibilă, care la fiecare capăt al barei sale are cîte două talere uşoare : talerul de sus şi talerul de jos. Distanţa între talerul de sus şi cel de jos este de 20—25 cm. Pe talerul de jos din dreapta punem o greutate sferică a cărei masă este egală cu m_1. Pentru a păstra echilibrul vom pune pe talerul de sus din stînga o greutate egală cu m_2. Aceste greutăţi nu sînt egale, deoarece nu se găsesc la aceeaşi înălţime ; forţa cu care sînt atrase ele de Pămînt diferă. Dacă sub talerul de jos din dreapta vom atîrna o sferă de plumb cu masa M, echilibrul balanţei va fi perturbat, dat fiind că m_1 va fi atras de masa sferei de plumb M cu forţa F_1, proporţională cu produsul acestor mase şi invers proporţională cu pătratul distanţei d, dintre centrele lor :

$$F = k\frac{m_1 M}{d^2}$$

unde k reprezintă constanta gravitaţională.

Pentru a restabili echilibrul, vom pune pe talerul de sus din stînga o greutate mică cu masa n. Forţa cu care apasă pe talerul balanţei este egală cu greutatea lui, adică este egală cu forţa de atracţie pe care o exercită întreaga masă a Pămîntului asupra acestei greutăţi. Această forţă pe care o însemnăm cu F', este egală cu

$$F' = k\frac{nMt}{R^2}$$

unde Mt este masa Pămîntului şi R — raza lui.

Neţinînd cont de influenţa pe care o exercită prezenţa sferei de plumb asupra greutăţilor din talerul de sus din stînga balanţei, putem formula condiţia de echilibru în felul următor :

$$F = F' \text{ sau } \frac{m_1 M}{d^2} = \frac{nMt}{R^2}$$

În acest raport, toate mărimile, în afară de Mt — masa Pămîntului — pot fi măsurate. De aici determinăm pe Mt. În experiențele despre care s-a vorbit

$$M = 5775{,}2 \text{ kg}, \quad R = 6366 \text{ km}, \quad d = 56{,}86 \text{ cm}$$

$$m_1 = 5{,}00 \text{ kg și } n = 589 \text{ mg}.$$

În concluzie, reiese că masa Pămîntului este egală cu $6{,}15 \times 10^{27}$ g.

În prezent, determinarea prin mijloace moderne a masei Pămîntului, bazată pe efectuarea unui întreg șir de măsurători, arată că Mt = $5{,}974 \times 10^{27}$ g. O eventuală eroare în acest calcul nu poate depăși 0,1 %.

În acest fel au stabilit astronomii masa globului pămîntesc. Avem tot dreptul să spunem că ei au *cîntărit* Pămîntul, pentru că, de fiecare dată cînd cîntărim cu balanța un corp, în realitate nu stabilim nici greutatea lui și nici forța cu care îl atrage Pămîntul, ci *masa* lui : stabilim numai că *masa* corpului respectiv este egală cu masa greutăților cîntarului.

Din ce se compune miezul Pămîntului ?

Este momentul să remarcăm o greșeală care se întîlnește deseori în unele articole și în literatura populară. Vrînd să simplifice expunerea, autorii respectivi prezintă problema determinării greutății Pămîntului în felul următor : savanții au cîntărit greutatea medie a unui cm^3 din planeta noastră (adică greutatea ei specifică) și, calculînd, din punct de vedere geometric, volumul ei, au stabilit greutatea Pămîntului înmulțind greutatea specifică a acestuia cu volumul lui. O astfel de metodă, însă, nu este realizabilă ; nu putem stabili în mod nemijlocit greutatea specifică a Pămîntului, deoarece nu ne este accesibil decît un înveliș exterior subțire al lui [1] și nu ne este cunoscut din ce fel de materie se

[1] Minereurile scoarței Pămîntului au fost studiate numai pînă la o adîncime de 25 km ; calculul ne demonstrează că din punct de vedere mineralogic s-a cercetat doar a 83-a parte din volumul globului pămîntesc (n. a.).

compune restul volumului său, care constituie cea mai mare parte a volumului său.

Ştim bine că lucrurile s-au petrecut tocmai invers : determinarea masei globului pămîntesc s-a făcut înainte de a se fi stabilit densitatea lui medie. Această densitate s-a dovedit a fi 5,5 g pe 1 cm^3 — ceea ce depăşeşte cu mult densitatea medie a rocilor ce compun scoarţa pămîntului. Aceasta arată că în adîncimile globului pămîntesc sînt zăcăminte de materii foarte grele. După presupusa lui greutate specifică (precum şi după alte indicii) s-a socotit că miezul planetei noastre constă din *fier*, puternic comprimat datorită presiunii maselor suprapuse. În prezent se crede că, în genere, părţile centrale ale Pămîntului nu se deosebesc prin componenţa lor de scoarţă, cu deosebirea că densitatea lor este mult mai pronunţată din cauza uriaşei presiuni.

Greutatea Soarelui şi a Lunei

Oricît de curios ar fi, este mult mai simplu de stabilit greutatea îndepărtatului Soare, decît greutatea Lunei, care este mult mai aproape de noi. (Se înţelege de la sine că referitor la aceşti aştri cereşti cuvîntul „greutate“ este folosit în acelaşi sens ca şi în legătură cu Pămîntul ; este vorba de determinarea *masei).*

Masa Soarelui a fost stabilită prin intermediul următorului raţionament : experienţa ne-a dovedit că 1 gram atrage alt gram pe o distanţă de 1 cm cu o forţă egală cu $\frac{1}{15\,000\,000}$ mg. Conform legii gravitaţiei universale, atracţia reciprocă f — dintre două corpuri M şi m pe dinstanţa D se exprimă astfel :

$$f = \frac{1}{15\,000\,000} \cdot \frac{Mm}{D^2} \text{ mg}$$

Dacă M este masa Soarelui (în grame), m — masa Pămîntului, iar D — distanţa dintre ele egală cu 150 000 000 km, forţa de atracţie reciprocă a lor este egală cu

$$\frac{1}{15\,000\,000} \cdot \frac{Mm}{15\,000\,000\,000\,000^2} \text{ mg}^1$$

[1] Mai exact dyne ; o dynă = 0,98 mg.

Pe de altă parte, această forţă de atracţie constituie forţa centripetă, care menţine planeta noastră pe orbita ei şi care, după legile mecanicii, este egală (tot în miligrame) cu $\frac{mV^2}{D}$, unde m reprezintă masa Pămîntului (în grame), V — viteza lui pe orbită, egală cu 30 km/sec = 3 000 000 cm/sec, iar D este distanţa dintre Pămînt şi Soare.

Prin urmare,

$$\frac{1}{15\,000\,000} \cdot \frac{Mm}{D^2} = m \cdot \frac{3\,000\,000^2}{D}$$

Din această ecuaţie putem determina necunoscuta M (exprimată, cum am mai spus, în grame) :

$$M = 2 \cdot 10^{33}\ g = 2 \cdot 10^{27}\ M$$

Împărţind această masă la masa globului pămîntesc, adică calculînd

$$\frac{2 \cdot 10^{27}}{6 \cdot 10^{21}}$$

obţinem 1/3 milion.

O altă metodă de determinare a masei Soarelui se bazează pe aplicarea legii a treia a lui Kepler. Din legea gravitaţiei universale, cea de-a treia lege se deduce sub următoarea formă :

$$\frac{(M + m_1)}{(M + m_2)} \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

unde M reprezintă masa Soarelui, T — perioada de rotaţie siderală a planetei, a — distanţa medie a planetei faţă de Soare şi m — masa planetei. Aplicînd această lege Pămîntului şi Lunei, obţinem :

$$\frac{(M + m_p)}{(m_p + m_l)} \frac{T_p^2}{T_l^2} = \frac{A_p^3}{A_l^3}$$

(indicii p şi l corespund valorilor pentru Pămînt şi, respectiv, Lună).

Substituind pe Ap, Al, Tp şi Tl cu valorile cunoscute din cercetări şi neţinînd cont în prima aproximaţie la numărător de masa Pămîntului, destul de mică faţă de masa

Soarelui, iar la numitor de masa Lunei, tot atît de mică în raport cu masa Pămîntului, vom obţine

$$\frac{M}{m_p} = 330\,000$$

Cunoscînd masa Pămîntului, obţinem şi masa Soarelui. Prin urmare Soarele este mai greu ca Pămîntul cu o treime de milion.

Nu este greu de calculat şi densitatea medie a sferei solare; în acest scop este nevoie doar să împărţim masa

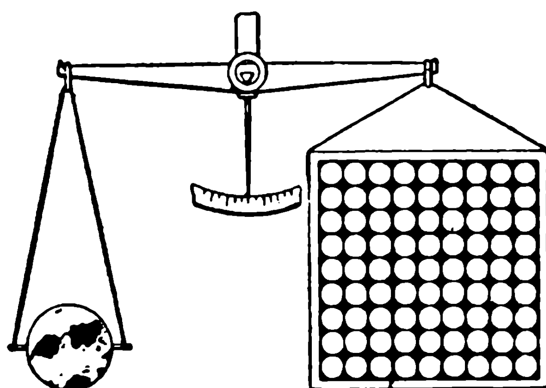


Fig. 93. Pămîntul „cîntăreşte" de 81 de ori mai mult decît Luna.

Soarelui la volumul său. S-a constatat că densitatea Soarelui este aproximativ de patru ori mai mică decît densitatea Pămîntului.

În ceea ce priveşte masa Lunei, se poate spune, după cum s-a pronunţat un astronom, că „deşi este mai aproape de noi decît celelalte corpuri cereşti, este mai greu să o cîntăreşti decît pe Neptun, cea mai îndepărtată planetă (cunoscută pe atunci)". Luna nu are un satelit care să ne fi ajutat la calculul masei ei, aşa cum am calculat noi mai sus masa Soarelui. Savanţii au fost nevoiţi să recurgă la metode mai complicate, dintre care vom aminti doar una singură. Ea constă în comparaţia ce se face între intensitatea fluxului produs de Soare şi a fluxului generat de Lună.

Intensitatea fluxului depinde de masa şi distanţa corpului care îl generează. Şi pentru că masa şi distanţa Soarelui ne sînt cunoscute, iar distanţa Lunei de asemenea, prin compararea intensităţii fluxurilor putem stabili masa

Lunei. Ne vom întoarce încă la acest calcul cînd vom vorbi despre flux. Ne mărginim numai să arătăm rezultatul final: masa Lunei constituie a $\frac{1}{81}$-a parte din masa Pămîntului (fig. 93). Ştiind diametrul Lunei, putem calcula volumul ei; reiese că acesta este de 49 ori mai mic decît volumul Pămîntului. De aceea densitatea medie a satelitului nostru constituie $\frac{49}{81}$ = 0,6 din densitatea Pămîntului.

Deci, în medie Luna se compune dintr-un material mai uşor decît Pămîntul, totuşi mai dens decît Soarele. În continuare vom vedea (vezi tabelul de la pag. 223) că densitatea medie a Lunei depăşeşte densitatea medie a celor mai multe dintre planete.

Greutatea şi densitatea planetelor şi a stelelor

Metoda de „cîntărire" a Soarelui o vom folosi la cîntărirea oricărei planete care are măcar un satelit.

Cunoscînd viteza v de mişcare a satelitului pe orbita sa şi distanţa lui medie D — faţă de planeta centrală, facem raportul între forţa centripetă, care menţine satelitul pe orbita sa, $\frac{mv^2}{D}$ şi forţa de atracţie reciprocă dintre satelit şi planetă, adică $\frac{kmM}{D^2}$, unde k reprezintă forţa de atracţie dintre un gram faţă de alt gram pe o distanţă de 1 cm, m — este masa satelitului, iar M — masa planetei:

$$\frac{mv^2}{D} = \frac{kmM}{D^2}$$

de unde

$$M = \frac{Dv^2}{k}$$

— formulă după care este uşor de calculat masa M a planetei.

Legea a treia a lui Kepler se aplică şi acestui caz:

$$\frac{(\text{M} + \text{m planetei})}{(\text{m planetei} + \text{m satelitului})} + \frac{\text{T}^2 \text{ planetei}}{\text{T}^2 \text{ satelitului}} = \frac{\text{a}^3 \text{ planetei}}{\text{a}^3 \text{ satelitului}}$$

Şi în acest caz, neţinînd cont de factorii minori din paranteze, obţinem raportul dintre masa Soarelui şi masa planetei. Cunoscînd masa Soarelui putem stabili uşor masa planetei.

Acelaşi calcul poate fi aplicat şi stelelor duble, cu singura diferenţă că în acest caz rezultatul nu va constitui masa fiecărei stele în parte, ci *suma* maselor lor.

Este mult mai greu de determinat masa sateliţilor ce însoţesc planetele, precum şi cea a planetelor fără sateliţi.

De pildă masa lui Mercur şi masa planetei Venus au fost stabilite prin intermediul perturbaţiilor pe care le exercită atît una asupra celeilalte, cît şi ambele asupra Pămîntului şi asupra mişcării unor anumite comete.

În ceea ce priveşte asteroizii, a căror masă este atît de neînsemnată încît perturbaţiile pe care le exercită ele, unele asupra celorlalte, nu prezintă nici o importanţă, problema determinării masei lor în genere este de nerezolvat. Se cunoaşte numai — şi asta cu aproximaţie — limita maximă a masei tuturor acestor fărîmituri de planetă, luate la un loc.

Avînd masa şi volumul planetelor, putem uşor calcula *densitatea* lor medie.

Rezultatele le aveţi în tabelul următor :

Densitatea Pămîntului = 1

Mercur	1,00
Venus	0,92
Pămîntul	1,00
Marte	0,74
Jupiter	0,24
Saturn	0,13
Uranus	0,23
Neptun	0,22.

Vedem că Pămîntul nostru şi Mercur sînt planetele cu cea mai mare densitate din sistemul nostru solar. Densitatea medie redusă a marilor plante se explică prin aceea că miezul dens al fiecărei plante mari este învăluit de o atmosferă uriaşă, care posedă o masă mică, dar măreşte mult volumul vizibil al planetei.

Greutatea pe Lună şi pe planete

Persoanele cu cunoştinţe reduse în domeniul astronomiei adeseori îşi exprimă surprinderea în legătură cu faptul că savanţii, fără a fi fost vreodată pe Lună sau pe alte planete, vorbesc totuşi cu siguranţă despre forţa gravitaţiei de pe suprafaţa lor. Cu toate acestea nu este greu să calculezi cît trebuie să cîntărească o greutate de cîntar transportată într-o altă lume. În vederea acestui lucru trebuie să cunoşti numai raza şi masa corpului ceresc respectiv.

Să stabilim, de pildă, intensitatea forţei gravitaţiei pe Lună. După cum ştim, masa Lunei este de 81 ori mai mică decît masa Pămîntului. Dacă Pămîntul ar avea o masă atît de mică, intensitatea forţei de atracţie pe suprafaţa lui ar fi de 81 de ori mai slabă ca acum. După legea lui Newton, însă, globul pămîntesc exercită atracţia în aşa fel, încît s-ar părea că întreaga lui masă ar fi localizată în centru. Centrul Pămîntului se află la o distanţă de o rază pămînteană de suprafaţa lui, iar centrul Lunei — la distanţă de o rază de Lună. Raza Lunei constituie însă $\frac{27}{100}$ din raza Pămîntului. Din cauza micşorării distanţei de $\frac{100}{27}$ ori, forţa de atracţie creşte de $\left(\frac{100}{27}\right)^2$ ori. În concluzie, intensitatea forţei de atracţie pe Lună constituie

$$\frac{100^2}{27^2 \cdot 81} \approx \frac{1}{6} \text{ din forţa de atracţie a Pămîntului.}$$

Prin urmare, o greutate de 1 kg transportată pe Lună ar cîntări acolo numai $\frac{1}{6}$ kg. Desigur că această reducere de greutate s-ar putea constata numai cu ajutorul unui cîntar cu arc şi nu al unui cîntar-balanţă (fig. 94).

Este interesant de ştiut că un înotător pe Lună, în ipoteza că acolo ar exista apă, s-ar simţi la fel ca şi pe Pămînt. În apă greutatea lui s-ar micşora de şase ori, dar tot de atîtea ori s-ar reduce şi greutatea apei dislocate de el; raportul dintre ei ar fi acelaşi ca şi pe Pămînt, iar înotătorul s-ar scufunda în apa de pe Lună în aceeaşi măsură ca şi la noi.

În acelaşi timp, eforturile de a se menţine la suprafaţa apei pe Lună ar da rezultate mai eficace; dat fiind că greutatea corpului se reduce, înotătorul va putea să se ridice deasupra apei cu un efort mai mic al muşchilor.

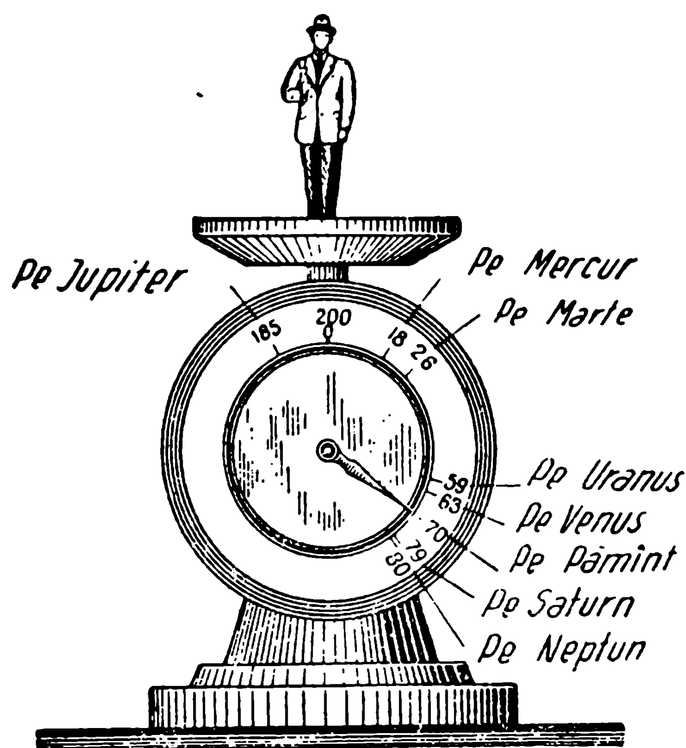


Fig. 94. Care ar fi greutatea unui om pe diferite planete ?

Mai jos redăm un tabel de valori pentru forţa de atracţie de pe diferite planete în comparaţie cu Pămîntul.

Pe Mercur	0,26	Pe Saturn	1,13
„ Venus	0,90	„ Uranus	0,84
„ Pămînt	1,00	„ Neptun	1,14
„ Marte	0,37	„ Pluton	—
„ Jupiter	2,64		

După cum reiese din tabel, planeta noastră deţine, în ceea ce priveşte forţa gravitaţiei, locul al patrulea în sistemul solar după Jupiter, Neptun şi Saturn.

Greutatea record

Cele mai înalte valori le realizează forța gravitației pe suprafața acelor „pitici albi“ de tipul Sirius B, despre care am vorbit în capitolul IV. Este ușor de priceput că masa uriașă a acestor aștri față de raza relativ mică a lor trebuie să condiționeze o uriașă forță de atracție pe suprafața lor. Să facem un calcul în acest sens pentru acea stea din constelația Cassiopeei, a cărei masă depășește de 2,8 ori masa Soarelui nostru, în timp ce raza ei este de două ori mai mică decît raza Pămîntului. Amintindu-ne că masa Soarelui este de 330 000 de ori mai mare decît cea a Pămîntului, stabilim că forța de atracție de pe susnumita stea depășește forța de atracție a Pămîntului de

$$2{,}8 \cdot 330\,000 \cdot 2^2 = 3\,700\,000 \text{ de ori}$$

1 cm^3 de apă, care cîntărește pe Pămînt 1 g, ar cîntări pe suprafața acestei stele aproape $3\frac{3}{4}$ tone ! Un cm^3 din materia componentă a însăși stelei respective (care este de 36 000 000 de ori mai densă decît apa) ar trebui să aibă, în această lume ciudată, fantastica greutate de

$$3\,700\,000 \cdot 36\,000\,000 = 133\,200\,000\,000\,000 \text{ g.}$$

Un degetar de materie care cîntărește 100 de milioane tone ; iată un monstru, a cărei existență în Univers nu o bănuiau, pînă mai ieri, nici cei mai îndrăzneți fanteziști

Greutatea în adîncul planetelor

Ce schimbare s-ar produce în greutatea unui corp dacă el ar fi coborît în adîncul unei planete, spre exemplu în fundul unei mine de o adîncime fantastică ?

Mulți se înșeală gîndind că în fundul unei astfel de mine corpul ar deveni mai greu, socotind că el se află mai aproape de centrul planetei, adică de acel punct, care atrage toate corpurile. Acest raționament, totuși, nu este just. Forța de atracție către centrul planetei nu crește pe măsură ce coborîm în adîncime, ci dimpotrivă se reduce. O explicație mai

accesibilă cititorul o poate primi în cartea mea „Fizica distractivă". Pentru a nu repeta cele spuse acolo, voi sublinia numai cele ce urmează.

Mecanica ne arată că corpurile plasate în interiorul unui înveliş sferic omogen sînt complet lipsite de greutate (fig. 95). De aici deducem că un corp care se află înlăuntrul unei sfere absolut omogene este supus gravitaţiei exercitate numai de acea parte de materie inclusă în sferă a

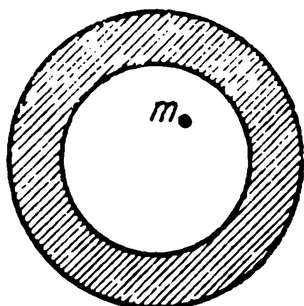


Fig. 95. Corpul din interiorul scoarţei unei sfere nu are greutate.

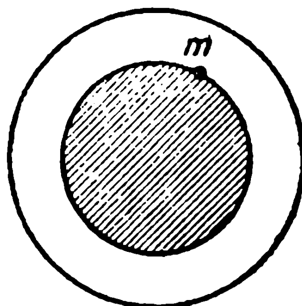


Fig. 96. De ce depinde greutatea corpului în miezul unei planete?

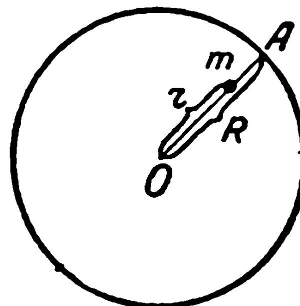


Fig. 97. Calculul variaţiei greutăţii unui corp pe măsură ce ne apropiem de centrul planetei.

cărei rază este egală cu distanţa la care se află corpul respectiv faţă de centru (fig. 96).

Sprijinindu-ne pe aceste teorii, nu ne este greu să formulăm o lege după care greutatea corpului se schimbă pe măsura apropierii lui de centrul planetei. Să zicem că R reprezintă raza planetei (fig. 97), iar r distanţa corpului de centrul ei. Forţa de atracţie a corpului în acest punct trebuie să crească de $\left(\frac{R}{r}\right)^2$ ori şi să se reducă în acelaşi timp de $\left(\frac{R}{r}\right)^3$ ori (deoarece masa planetei, care exercită forţa de atracţie, s-a redus în raportul arătat mai sus). În ultima instanţă forţa de atracţie trebuie să se reducă de

$$\left(\frac{R}{r}\right)^3 : \left(\frac{R}{r}\right)^2, \text{ adică de } \frac{R}{r} \text{ ori.}$$

Prin urmare, în adîncimile planetelor greutatea unui corp trebuie să se *micşoreze* de atîtea ori de cîte ori s-a micşorat şi distanţa pînă la centrul lor. Pentru o planetă cu dimensiuni

egale cu cele ale Pămîntului nostru, a cărei rază este de 6 400 km, coborîrea în adîncime cu 3 200 km implică reducerea de două ori a greutății, iar la 5 600 km reducerea greutății este de

$$\frac{6400}{6400 - 5600}, \text{ adică de opt ori.}$$

În însuși centrul planetei, corpul trebuie să-și piardă cu desăvîrșire greutatea, dat fiind că

$$\frac{6400 - 6400}{6400} = 0.$$

Acest lucru putea fi presupus și fără calcule, ținînd seama de faptul că în centrul planetei materia atrage corpul din toate direcțiile cu aceeași forță.

Raționamentele expuse aici se referă la o planetă imaginară, *omogenă* prin densitatea ei. Față de planetele reale, aceste raționamente sînt valabile împreună cu unele paranteze. În deosebi pentru globul pămîntesc, a cărei densitate este mai mare în adîncime decît la suprafață, legea variației forței gravitației o dată cu apropierea de centru deviază întru-o oarecare măsură de la ceea ce am stabilit mai sus : pînă la o adîncime anumită (nu prea mare) gravitatea crește, și numai după aceea începe să scadă o dată cu înaintarea în adîncime.

Problemă despre un vapor

Cînd este mai ușor vaporul — într-o noapte cu lună sau într-o noapte fără lună ?

Răspuns

Problema este mai complicată decît se crede. Nu putem răspunde pur și simplu că vaporul este mai ușor într-o noapte cu lună, cum de altfel toate obiectele în genere trebuie să fie mai ușoare în jumătatea globului ce se află în lumina Lunei,

pentru că „Luna îl atrage". Este limpede că atrăgînd vaporul, Luna atrage în acelaşi timp întregul glob pămîntesc. În vid, sub acţiunea forţei gravitaţiei, toate corpurile se mişcă cu viteză egală; Pămîntul, laolaltă cu vaporul, datorită forţei de atracţie a Lunei, sînt supuse aceleiaşi acceleraţii, iar reducerea de greutate a vaporului nu ar trebui să se observe. Cu toate acestea, vaporul luminat de Lună este mai uşor decît într-o noapte fără Lună.

Vom explica de ce. Să zicem că în fig. 98, O este centrul globului pămîntesc, A şi B reprezintă vaporul, acelaşi vapor



Fig. 98. Acţiunea forţei de atracţie a Lunei asupra particulelor globului pămîntesc.

situat în două puncte diametral opuse de pe glob, r — raza Pămîntului, iar D — distanţa dintre punctul L — centrul Lunei şi punctul O — centrul Pămîntului. Masa Lunei o vom nota cu litera M şi masa vaporului — cu m. Pentru simplificarea calculului, plasăm punctele A şi B în aşa fel, ca Luna, în raport cu ele, să se afle la zenit şi nadir. Forţa de atracţie exercitată asupra vaporului de către Lună în punctul A (adică într-o noapte cu lună), este egală cu

$$\frac{kMm}{(D-r)^2}$$

unde $k = \frac{1}{15\,000\,000}$. În punctul B (noapte fără Lună) acelaşi vapor este atras de Lună cu o forţă de

$$\frac{kMm}{(D+r)^2}$$

Diferenţa dintre cele două forţe de atracţie este egală cu

$$k\ Mm \cdot \frac{4r}{D^3\left[1-\left(\frac{r}{D}\right)^2\right]^2}$$

Deoarece $\left(\frac{r}{D}\right)^2 = \left(\frac{1}{60}\right)^2$ constituie o valoare neînsemnată, nu ţinem cont de ea. În consecinţă expresia se simplifică considerabil ; ea are următorul aspect

$$k\ Mm \cdot \frac{4r}{D^3}$$

O transformăm astfel

$$\frac{kMm}{D^2} \cdot \frac{4r}{D} = \frac{kMm}{D^2} \cdot \frac{1}{15}.$$

Ce reprezintă $\frac{kMm}{D^2}$? Nu este greu de ghicit — e forţa cu care atrage Luna vaporul situat la distanţa D faţă de centrul ei. Pe suprafaţa Lunei vaporul, a cărui masă este egală cu m, cîntăreşte $\frac{m}{6}$. La distanţa D, care-l separă de Lună, vaporul este atras de către aceasta cu o forţă de $\frac{m}{6D^2}$. Cum D reprezintă 220 de raze de Lună,

$$\frac{kMm}{D^2} = \frac{m}{6 \cdot 220^2} \approx \frac{m}{300\,000}.$$

Întorcîndu-ne acum la calculul diferenţei forţelor de atracţie, obţinem

$$\frac{kMm}{D^2} \cdot \frac{1}{15} \approx \frac{m}{300\,000} \cdot \frac{1}{15} = \frac{m}{4\,500\,000}.$$

Dacă greutatea vaporului este de 45 000 tone, diferenţa de greutate de la o noapte cu Lună la alta fără Lună reprezintă

$$\frac{45\,000\,000}{4\,500\,000} = 10 \text{ kg}$$

Prin urmare vaporul este mai uşor într-o noapte cu Lună decît în una fără Lună, deşi diferenţa este aproape fără importanţă.

Mareele de Lună şi de Soare

Problema soluţionată mai sus ne va ajuta să elucidăm cauza principală a fluxului şi refluxului. Nu trebuie să credem că fluxul este o consecinţă a faptului că Luna sau Soarele atrag în mod nemijlocit apa către sine. Am mai explicat că Luna nu atrage numai ceea ce se află pe suprafaţa globului

pămîntesc, ci atrage în același timp întregul Pămînt. Explicația constă în faptul că sursa de atracție se găsește la o distanță mai mare de centrul Pămîntului, decît de moleculele de apă de la suprafața întoarsă spre Lună a acestuia. Diferența corespunzătoare a forței de atracție se calculează tot așa cum am calculat mai sus diferența forțelor de atracție exercitate asupra vaporului. În acel punct, la al cărui Zenit se află Luna, fiecare kg de apă este atras cu o forță mai mare decît 1 kg de materie din centrul Pămîntului cu $\frac{2\,kMr}{D^3}$, iar apa, care se află în punctul diametral opus al Pămîntului, este atrasă cu o forță mai mică cu aceeași mărime.

Ca urmare a acestei diferențe, în ambele cazuri apa se ridică peste suprafața solidă a Pămîntului; în primul caz pentru motivul că apa se deplasează mai mult către Lună decît partea solidă a globului, și în al doilea caz — pentru că partea solidă a Pămîntului se deplasează mai mult spre Lună decît apa [1].

Aceeași influență o exercită și Soarele asupra apelor oceanului. Ne întrebăm, însă, a cui acțiune este mai puternică, a Soarelui sau a Lunei? Dacă am compara forța lor de atracție *nemijlocită*, ar rezulta că acțiunea Soarelui este mai puternică. Într-adevăr, masa Soarelui este mai mare decît masa Pămîntului de 330 000 ori, în timp ce masa Lunei este mai mică de încă 81 ori, ceea ce înseamnă că masa Lunei este mai mică decît masa Soarelui de 330 000 × 81. Distanța de la Soare la Pămînt este egală cu 23 400 raze pămîntene, iar de la Lună la Pămînt sînt 60 raze pămîntene. Prin urmare, raportul dintre forța de atracție exercitată de Soare asupra Pămîntului și forța de atracție exercitată asupra lui de Lună este

$$\frac{330\,000 \cdot 81}{23\,400^2} : \frac{1}{60^2} \approx 170$$

Astfel, Soarele atrage toate obiectele de pe Pămînt de 170 de ori mai puternic decît Luna. În concluzie s-ar putea

[1] Remarcăm aici doar cauza principală a fluxurilor și refluxurilor; acest fenomen, în totalitatea lui, este mult mai complicat, fiind condiționat și de alte cauze (efectul rotației globului pămîntesc în jurul centrului general al maselor Pămîntului și Lunei etc.). (n. a.)

crede că fluxul produs de Soare este mai mare ca fluxul produs de Lună. Cu toate acestea, în realitate lucrurile se petrec tocmai pe dos; fluxul datorit Lunei este mai mare decît fluxul produs de Soare. Aceasta este în perfectă concordanță cu calculul efectuat potrivit formulei $\frac{2\,kmM}{D^2}$. Dacă pentru masa Soarelui vom lua M_s, iar pentru masa Lunei M_l, distanța pînă la Soare D_s și distanța pînă la Lună D_l, raportul dintre forțele generatoare de fluxuri datorite Lunei și Soarelui este:

$$\frac{2\,kM_s r}{D_s^3} : \frac{2\,kM_l r}{D_l^3} = \frac{M_s}{M_l} \cdot \frac{D_l^3}{D_s^3}.$$

Să considerăm masa Lunei drept $\frac{1}{81}$ din masa Pămîntului.

În acest caz, cunoscînd că Soarele este de 400 de ori mai departe ca Luna, avem:

$$\frac{M_s}{M_l} \cdot \frac{D_l^3}{D_s^3} = 330\,000 \cdot 81\ \frac{1}{400^3} = 0{,}42$$

Deci, fluxul generat de Soare trebuie să fie de circa $2^1/_2$ ori mai scăzut decît fluxul produs de Lună.

Este momentul să arătăm cum, prin comparația înălțimilor fluxurilor produse de Lună și de Soare, a putut fi stabilită masa Lunei. A urmări separat înălțimea fluxurilor de Lună și de Soare nu este posibil; ele se produc concomitent. Putem măsura, totuși, înălțimea fluxului atunci cînd acțiunile ambelor corpuri cerești se adună (adică Luna și Soarele se găsesc pe aceeași dreaptă cu Pămîntul), sau cînd acțiunile lor sînt contrarii (dreapta care unește Soarele cu Pămîntul este perpendiculară pe dreapta care unește Luna cu Pămîntul). Cercetările au demonstrat că fluxurile de Soare constituie 0,42 din înălțimile fluxurilor de Lună. Dacă forța generatoare de fluxuri datorită Lunei este egală cu x, iar cea datorită Soarelui cu y,

$$\frac{x+y}{x-y} = \frac{100}{42},$$

de unde

$$\frac{x}{y} = \frac{71}{29}.$$

Deci, folosindu-ne de formula mai sus stabilită, avem :

$$\frac{M_s}{M_l} \cdot \frac{D_l^3}{D_s^3} = \frac{29}{71}$$

sau

$$\frac{M_s}{M_l} \cdot \frac{1}{64\,000\,000} = \frac{29}{71}.$$

Pentru că masa Soarelui $M_s = 330\,000\ M_r$,unde M_r reprezintă masa Pămîntului, este uşor de obţinut şi relaţia următoare :

$$\frac{M_p}{M_l} = 80$$

adică masa Lunei reprezintă $\frac{1}{80}$ din masa Pămîntului. Un calcul mai precis dă pentru masa Lunei valoarea 0,0123 (din masa Pămîntului).

Luna şi vremea

Mulţi sînt curioşi să ştie ce influenţă ar putea să exercite asupra presiunii atmosferice fluxurile şi refluxurile cauzate de Lună în oceanul de văzduh al planetei noastre. Întrebarea asta îşi are povestea ei veche. Fluxurile din atmosfera Pămîntului au fost descoperite de marele învăţat rus M. V. Lomonosov, care le-a denumit valuri de aer. Ele au constituit obiectul multor cercetări, dar, cu toate acestea, despre rolul fluxurilor din atmosferă circulă tot soiul de variante fără valabilitate. Profanii cred că Luna provoacă în atmosfera uşoară şi imobilă a Pămîntului uriaşe valuri. De aici porneşte convingerea că aceste fluxuri produc schimbări simţitoare în presiunea atmosferică şi că au o însemnătate hotărîtoare în meteorologie.

Această părere este profund greşită. Din punct de vedere teoretic se poate dovedi că înălţimea fluxului atmosferic nu trebuie să depăşească înălţimea fluxului apei în largul oceanului. Această afirmaţie pare a fi surprinzătoare ; se ştie doar că aerul este de aproape o mie de ori mai uşor ca apa chiar în straturile lui mai joase şi prin urmare mai dense. Atunci,

pentru care motiv atracţia Lunei nu-l ridică la o înălţime tot de o mie de ori mai mare? Situaţia este tot atît de paradoxală ca şi în cazul căderii cu aceeaşi viteză, în vid, a corpurilor grele sau uşoare.

Să ne reamintim de experienţa făcută în şcoală cu bila de plumb, introdusă într-un tub golit de aer, care nu întrece, în căderea ei, un fulg de puf. Fenomenul fluxului, în cele din urmă, nu este condiţionat de altceva decît de căderea globului pămîntesc şi a învelişurilor lui mai uşoare în spaţiul cosmic sub influenţa gravitaţiei Lunei (şi a Soarelui). În vidul spaţiului cosmic toate corpurile — uşoare sau grele — cad cu aceeaşi viteză, sub influenţa forţei gravitaţiei se deplasează pe distanţe egale, dacă se află la aceeaşi depărtare de centrul de greutate.

Cele spuse mai sus ne dau temeiul să credem că înălţimea fluxurilor atmosferice trebuie să fie egală cu aceea de pe ocean, departe de ţărm. Într-adevăr dacă apelăm la formulă, după care se calculează înălţimea fluxului, ne-am convinge că ea include doar cele două mase ale Lunei şi a Pămîntului, raza globului pămîntesc şi distanţa de la Pămînt la Lună. Din această formulă nu fac parte nici densitatea lichidului ce se înalţă prin forţa de atracţie şi nici adîncimea oceanului. Substituind apa din ocean cu aer, nu vom schimba rezultatul calculelor şi vom obţine aceeaşi înălţime pentru fluxul atmosferic ca şi pentru fluxul în largul oceanului, în timp ce această din urmă valoare este absolut neînsemnată. Înălţimea teoretică a celui mai mare flux în plin ocean este de aproximativ $1/2$ metru şi numai contururile ţărmurilor şi ale fundului care strangulează valul îl înalţă în unele puncte pînă la 10 metri şi mai bine. Există maşini extrem de interesante care fac pronosticul înălţimii fluxului într-un anumit loc şi în orice clipă după unele date cu privire la poziţia Soarelui şi a Lunei.

În oceanul fără ţărmuri al atmosferei nimic nu poate schimba priveliştea teoretică a fluxului produs de Lună sau să modifice înălţimea teoretică maximă a lui — de $1/2$ metru. O ridicare atît de neînsemnată a stratului de aer nu poate exercita o influenţă considerabilă asupra presiunii atmosferice.

Laplace, preocupat fiind de teoria fluxurilor atmosferice, a ajuns la concluzia că oscilaţiile presiunii atmosferice, condi-

ționate de aceste fluxuri, pot ridica coloana de mercur cu cel mult 0,6 mm, iar vîntul generat de aceleași fluxuri suflă cu o viteză maximă de 7,5 cm/sec.

Este limpede că fluxurile atmosferice nu pot avea vreun rol esențial printre factorii meteorologici.

Considerentele de mai sus arată lipsa de temei a încercărilor diferiților „prooroci ai Lunei" de a preciza vremea după poziția de pe cer a Lunei.



SUMAR

Capitolul II

LUNA ŞI MIŞCĂRILE EI.

Capitolul III

PLANETELE

Capitolul IV

STELELE

Capitolul V

FORȚA GRAVITAȚIEI

